









ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TROISIÈME SÉRIE.

1855.

PARIS.—IMPRIMERIE DE MALLET-BACHELIER,
rue du Jardinet, nº 12.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

PAR

MM. CHEVREUL, DUMAS, PELOUZE, BOUSSINGAULT,
REGNAULT, DE SENARMONT.

AVEC

UNE REVUE DES TRAVAUX DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE

Publiés à l'étranger;

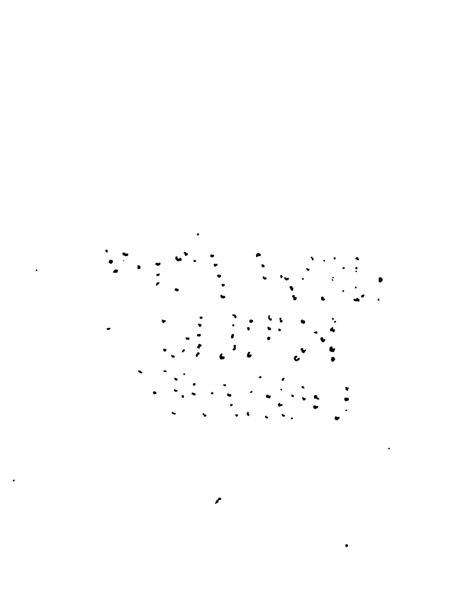
PAR MM. WURTZ ET VERDET.

TROISIÈME SÉRIE. — TOME XLV.

PARIS,
VICTOR MASSON, LIBRAIRE,
PLACE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE, N° 17.

IMPRIMERIE DE MALLET-BACHELIER
RUE DU JARDINET, N° 12.

1855.



ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

MÉMOIRE SUR LA FORCE OSMOTIQUE,

PAR M. THOMAS GRAHAM (1).

TRADUIT DE L'ANGLAIS PAR M. CHARLES DRION.

Sous le nom de *force osmotique* (de ωσμοσ, *impulsio*), on désigne la cause qui produit les phénomènes d'endosmose et d'exosmose observés par Dutrochet.

On parvient aisément à déposer à la surface d'une dissolution saline, placée au fond d'un verre, une couche d'eau pure, et à éviter à peu près entièrement le mélange des deux liquides. Mais, le contact une fois établi, il se développe une force qui tend à faire monter les molécules du sel au sein de l'eau, à les y disperser dans tous les sens, et à produire finalement un mélange unique homogène. Dissoutes dans l'eau, les molécules salines participent de l'état liquide de l'eau elle-même; et dans l'expérience précédente, où deux liquides de nature différente sont en contact, se traversent et se diffusent l'un dans l'autre, il faut admettre que leurs parties constituantes se repoussent;

(1) Les *Annales de Chimie et de Physique* renferment déjà (tome XLIII, page 420, 3e série), un Mémoire de M. Lhermite sur l'endosmose. On croit utile de mettre en parallèle les résultats qu'il a obtenus et les dernières observations de M. Graham sur le même sujet.

qu'elles sont soumises à une force du même genre, mais d'une intensité moindre que celle qui sollicite sans cesse les gaz à occuper un volume plus grand que celui qui les renferme.

Cette force ne cesse pas d'agir quand on interpose entre les deux liquides une cloison poreuse formée par une membrane d'origine animale, ou par un diaphragme de terre non émaillée; les pores de la cloison s'emplissent d'eau, et la communication entre les liquides placés des deux côtés ne se trouve point interrompue.

Par la pression, il serait très-difficile de forcer un liquide à traverser une semblable cloison; il faudrait exercer un effort extrêmement puissant pour vaincre le frottement et l'attraction capillaire qui s'opposent à son passage; mais ces résistances empêchent le mouvement des masses, non celui des molécules individuelles; en effet, les particules les plus ténues du sel et de l'eau paraissent n'éprouver que peu ou point d'action de leur part, en traversant les canaux dont la cloison poreuse est criblée. L'expérience suivante permet de se faire une idée de l'influence des diaphragmes. On remplit entièrement de la solution saline un flacon à large goulot qu'on plonge ensuite dans un vase contenant de l'eau : dans une première expérience le flacon est ouvert; dans une seconde, il est fermé par une membrane. Au bout d'un temps déterminé, de sept jours par exemple, une certaine quantité de sel en est sortie et s'est diffusée dans l'eau environnante. Réduite à moitié par l'application d'une membrane épaisse et rigide provenant d'un palais de bœuf, cette quantité varie à peine quand on étend sur l'ouverture une membrane plus fine, celle de la vessie du même animal, après l'avoir préalablement dépouillée de sa tunique musculaire externe. On a trouvé, dans une expérience faite avec cette dernière membrane, $0^{gr},636$ de sel diffusé, au lieu de $0^{gr},631$ qu'on avait obtenus, le flacon étant ouvert; ces deux quantités doivent évidemment être considérées comme égales. La diffusion

d'un sel paraît donc s'effectuer sans difficulté et sans retard au travers d'une mince membrane, qui s'opposerait cependant d'une manière à peu près complète à l'écoulement mécanique d'un liquide. Il importe de se rappeler cette dernière conséquence dans l'appréciation des résultats fournis par une expérience d'endosmose.

Qu'on emplisse d'une dissolution saline un tube vertical dont l'extrémité inférieure est dilatée en forme de cloche et fermée par une membrane tendue; qu'on le plonge ensuite, par cette extrémité inférieure, dans un vase contenant de l'eau pure. Bientôt on verra le niveau s'élever dans l'osmomètre, tandis que le liquide extérieur se chargera d'une quantité de plus en plus grande de sel. Dutrochet explique ces résultats en admettant que deux courants liquides inégaux et de sens contraire traversent la membrane; que le moins intense (exosmose) tend à faire sortir la dissolution saline de l'osmomètre, tandis que le plus énergique (endosmose) dirigé du dehors en dedans, y fait pénétrer l'eau extérieure. On a toujours eu peine à se figurer ce double courant; on concevra peut-être mieux les choses en regardant le mouvement d'exosmose comme un simple phénomène de diffusion, s'effectuant à travers la membrane poreuse. Dans cette manière de voir, ce n'est point la totalité du liquide interne qui traverse la membrane, ce sont uniquement les particules du sel; l'eau qui les tient en dissolution est entièrement passive. Quant à l'endosmose, elle paraît due à un véritable courant susceptible d'entraîner des masses, et dont il importe de rechercher la cause. L'hypothèse de la diffusibilité des molécules salines étant admise, il n'y a pas d'autre explication à chercher pour la sortie du sel. Nous désignerons dans ce qui va suivre, sous le nom d'*osmose,* le transport de l'eau à travers la membrane, et nous appellerons *force osmotique* la cause inconnue qui le produit. Cette force a une grande intensité; elle peut faire équilibre à une colonne d'eau de plusieurs pieds de hau-

teur, ainsi que l'ont montré les expériences bien connues de Dutrochet; les naturalistes lui attribuent un rôle important dans les phénomènes d'absorption chez les plantes et les animaux.

On se demandera tout d'abord si l'osmose n'est point le résultat de la diffusion de l'eau dans la solution saline. Il semble, en effet, tout naturel d'admettre que la diffusion constitue un double phénomène : mouvement des particules du sel dans un sens, et mouvement simultané de l'eau en sens contraire, pour les remplacer dans l'osmomètre. L'eau semble d'ailleurs être un liquide éminemment diffusible ; elle paraît, en effet, se diffuser, toutes choses égales d'ailleurs, quatre fois plus vite que l'alcool, et quatre à six fois plus vite que les sels plus diffusibles. De ces nombres on pourrait conclure que, pour 1 partie de certains sels qui sortirait de l'osmomètre, 4 ou 6 parties d'eau y pénétreraient. La diffusion des liquides tend, je crois, en général à augmenter le volume du fluide contenu dans l'osmomètre; et sans doute la faible ascension qu'on observe en plaçant dans l'appareil des dissolutions de chlorure de sodium, de sulfate de magnésie, de sucre et de telles autres substances organiques, est due en partie, sinon en totalité, à la faible diffusibilité de ces matières, une fois qu'elles sont amenées à l'état liquide, comparée à la diffusibilité bien plus grande de l'eau. Mais je vais faire connaître à l'instant bon nombre de substances qui sont remplacées dans l'osmomètre, non point par quatre ou six fois, mais bien par plusieurs centaines de fois leur volume d'eau : il deviendra manifeste, dès lors, que dans ces cas, une force autre que la diffusion intervient dans les phénomènes.

Poisson, Magnus, Dutrochet lui-même, ont cherché l'explication de l'osmose dans les lois de la capillarité. Dans cette théorie, les faits observés résulteraient et de la diffusion, et d'une diminution brusque et considérable dans l'attraction capillaire au moment où le sel de l'osmomètre

vient se mêler à l'eau qui occupe les pores de la cloison. Dans des expériences dont il a publié les résultats, Dutrochet assigne à l'eau pure une ascension capillaire de 12 millimètres, et à une solution de sel marin ayant pour densité 1,12, une ascension de 6,14 millimètres seulement, c'est-à-dire moitié moindre que la précédente. Si donc l'une des faces de la cloison poreuse est baignée par de l'eau pure, l'autre par la dissolution précédente (et ce sont précisément les conditions dans lesquelles on se trouve placé lorsqu'on exécute des expériences d'endosmose), il semble que l'eau pure rencontrant la dissolution saline dans les pores de la cloison, devra la repousser devant elle, en vertu de l'attraction capillaire énergique qu'elle éprouve, comme le ferait un piston solide, l'en expulser complétement, et la refouler dans l'osmomètre. Si, par suite de la diffusion, des particules salines viennent à se mêler avec l'eau qui baigne les pores du diaphragme, elles en seront chassées à leur tour, et l'on aura en résumé un courant d'eau continuel, dirigé de l'extérieur vers l'intérieur.

Cette explication est sujette à plus d'une objection; je crois inutile toutefois de les discuter, parce que la théorie précédente repose sur une donnée fausse. Les ascensions capillaires des divers liquides aqueux ne présentent point des différences aussi grandes qu'on pourrait le croire d'après les nombres précédemment cités. Bien des solutions salines, déterminant dans l'osmomètre des élévations très-considérables, se distinguent à peine de l'eau distillée, par leur ascension plus ou moins grande dans les tubes capillaires. Lorsqu'on veut comparer à ce point de vue des dissolutions de différente nature, il faut, pour obtenir des résultats comparables, avoir le soin de maintenir le tube capillaire pendant quelques minutes dans la dissolution bouillante, et le laisser refroidir sans le retirer du liquide. Si l'on n'observe pas cette précaution, on n'obtient que des données fort irrégulières et qui peuvent occasionner de graves erreurs.

Les faibles différences qui s'observent entre les ascen-

sions capillaires de solutions salines très-diverses, ressortiront du tableau suivant, construit d'après mes propres expériences.

Ascension capillaire de divers liquides dans le même tube de verre.

Liquides.				Asc. en millim.
Eau à 14° centigrades				17,75
Eau à 19°				17,55
Solution de	25	pour 100	de carbonate de potasse à 17°.	17,02
»	10	»	de carbonate de potasse à 19°.	17,55
»	1	»	de carbonate de soude à 16°	17,55
»	10	»	de carbonate de soude à 13°	16,85
»	1	»	de sulfate de potasse à 14°	17,15
»			saturée de sulfate de potasse à 14°.	16,03
»	1	pour 100	de sulfate de soude à 13°	17,75
»	10	»	de sulfate de soude à 14°	16,95
»	1	»	acide chlorhydrique à 17°	17,05
»	0,1	»	acide sulfurique à 17°	17,04
»	1	»	acice sulfurique à 17°	16,35
»	5	»	acide sulfurique à 17°	16,65
»	10	»	acide sulfurique à 17°	16,25
Acide sulfurique monohydraté à 17°				8,01
Solution de	1	pour 100	d'acide oxalique à 19°	17,35
»	4	»	d'acide oxalique à 17°	17,02
»	0,1	»	d'ammoniaque à 19°	16,65
»	1	»	d'ammoniaque à 19°	16,15
»	12	»	d'am. (densité 0,943) à 19°	15,05
»	10	»	de sucre à 18°	16,03
»	0,8	»	d'alcool (densité 0,9985) à 16°.	15,05
»	4,5	»	d'alcool (densité 0,992) à 17°.	13,02
»	7,8	»	d'alcool (densité 0,987) à 16°.	11,05
»	7,1	»	d'alcool (densité 0,869) à 17°.	6,00

C'est, comme on voit, l'alcool dont l'ascension capillaire est la plus faible par rapport à celle de l'eau, bien qu'au point de vue de l'osmose ce liquide soit un des moins remarquables.

Les faits nouveaux que je rapporterai dans ce Mémoire soulèvent de nouvelles difficultés contre toute explication des

phénomènes d'osmose, fondée sur les lois de la capillarité.

Mes expériences ont été faites sur des cloisons poreuses de nature minérale et de nature organique.

§ I. — On se procure aisément un osmomètre en terre cuite ou en porcelaine dégourdie, en adaptant, comme l'indique la *fig.* 1, un tube de verre à un cylindre poreux,

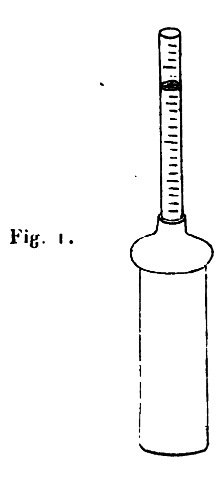


Fig. 1.

tel que ceux dont on fait usage dans les piles de Grove. Les cylindres que j'employais avaient généralement $12^c,7$ de hauteur sur $4^c,3$ de diamètre intérieur, et pouvaient contenir, en conséquence, un peu plus de 150 grammes d'eau. Pour fixer le tube au cylindre poreux, il vaut mieux se servir d'une pièce de gutta-percha que d'une pièce de cuivre. Le tube de verre dont je faisais usage avait 15 millimètres de diamètre; il était gradué en millimètres; sa longueur ne dépassait pas 15 à 16 centimètres. La capacité de chaque degré équivalait à $\frac{1}{750}$ environ de la capacité du cylindre.

Dans chaque expérience, j'emplissais ce dernier, préalablement imprégné d'eau pure, d'une dissolution saline jusqu'à la base du tube de verre, puis je le plongeais immédiatement dans un vase plein d'eau distillée, dont je maintenais sans cesse le niveau sur le même plan que celui du

liquide intérieur : j'évitais ainsi de soumettre les deux faces de la cloison poreuse à des pressions inégales. La quantité d'eau contenue dans le vase était considérable par rapport à celle que renfermait l'osmomètre (de $1^k,5$ à $2^k,5$). Je notais d'heure en d'heure, et pendant cinq heures, l'ascension ou la dépression du liquide dans le tube. Cette ascension se manifestait immédiatement après l'immersion; elle était sensiblement constante pendant la courte durée de l'expérience. Je faisais en sorte de mesurer l'osmose avant que la composition de la solution saline eût été notablement modifiée par l'entrée de l'eau dans l'osmomètre et par la sortie du sel : je déterminais aussi la quantité de sel qui traversait la cloison et se diffusait dans l'eau extérieure. Après chaque expérience, on lavait l'osmomètre en l'emplissant d'eau distillée qui traversait le cylindre poreux sous la pression d'une colonne d'eau de 80 centimètres de hauteur environ, et durant dix-huit heures. Toutes les expériences furent faites à des températures comprises entre 13 et 18 degrés centigrades. Quand l'appareil avait servi deux ou trois jours de suite avec la même dissolution saline et qu'il avait été lavé après chaque expérience, il donnait des résultats d'une régularité remarquable. La première expérience qu'on faisait sur une solution différait en général beaucoup des suivantes; il était bon de n'en pas tenir compte. Dans ce qui suit, toutes les fois qu'on n'indiquera pas les proportions de sel dissous, il sera sous-entendu que la dissolution renfermait 1 partie de sel pour 100 parties d'eau. J'ai cependant expérimenté aussi sur des solutions plus concentrées; mais j'ai observé dès le début que j'obtenais l'osmose la plus forte possible lorsque j'employais des dissolutions d'un titre peu élevé. Pour la plupart des substances, ce maximum était atteint lorsque la proportion de matière dissoute ne dépassait pas $\frac{1}{100}$ du poids de l'eau. L'osmose paraît donc se manifester particulièrement dans les dissolutions étendues.

Pour des solutions également concentrées (1 pour 100)

de substances diverses, l'osmose a varié dans mes expériences de 0 à 80 degrés. Parfois le liquide, au lieu de s'élever dans le tube, s'abaissait au contraire; nous affecterons, en pareil cas, du signe — les nombres qui expriment les dépressions observées.

Mes expériences ont porté sur des substances solubles de toute nature; on peut partager ces dernières en trois classes comme il suit :

1°. Substances ayant un faible pouvoir osmotique dans des vases en terre : osmose inférieure à 25 millimètres.

A cette classe paraissent appartenir presque toutes les substances organiques neutres, telles que l'alcool, l'esprit de bois, le sucre, le glucose, la mannite, la salicine, l'amygdaline, les sels de quinine et de morphine, le tannin, l'urée; on peut y ranger encore certaines dissolutions possédant des affinités énergiques, et qui ne sont d'ailleurs ni acides ni salines : telles sont les dissolutions aqueuses de chlore et de brome.

La majeure partie des sels terreux et des sels des métaux proprement dits appartient encore à cette première classe : tel est le chlorure de sodium, pour lequel l'osmose est la plus forte possible (19 millimètres), quand la dissolution ne renferme que 0,125 pour 100 de sel, tandis qu'elle diminue rapidement, et peut même devenir négative lorsque la proportion de sel dissous atteint et dépasse 1 pour 100. Le chlorure de potassium présente des particularités analogues.

Pour le nitrate de soude, osmose de 8 millimètres; pour le nitrate d'argent, 18 millimètres.

Pour les sels de magnésie, osmose toujours faible, quelquefois même légèrement négative.

Chlorure de barium et chlorure de strontium, osmose + 18; nitrate de strontiane, + 5; sulfate de magnésie (dissolution à 0,5 pour 100), + 2; id. (1 pour 100), + 2; id. (2 pour 100), + 3; sulfate de zinc (de 0,5 à 2 pour 100),

de + 2 à — 2; bichlorure de mercure (1 pour 100), + 6 dans une expérience, + 8 dans une autre.

2°. Substances ayant un pouvoir osmotique médiocre: osmose de 20 à 35 millimètres.

L'acide sulfurique et certains acides végétaux ont donné une osmose de 20 degrés; l'acide tartrique (solutions contenant 0,25, 1 et 4 pour 100 d'acide dissous), 24, 26 et 28 degrés; l'acide citrique (1 pour 100), 30 degrés; certains acides monobasiques, tels que l'acide chlorhydrique, l'acide nitrique, l'acide acétique, ont donné des nombres compris dans les mêmes limites.

3°. Substances ayant un pouvoir osmotique considérable dans des vases de terre : osmose de 35 à 55 millimètres.

Dans cette classe se trouvent les acides minéraux énergiques; une dissolution renfermant 0,5 pour 100 d'acide sulfurique, s'est élevée de 63 millimètres; une autre, contenant 2 pour 100 d'acide, de 54 millimètres, nombre qui ne diffère pas extrêmement du précédent.

Avec un autre cylindre poreux, on a trouvé pour l'acide sulfurique les résultats suivants :

	1re expérience.	2e expérience.
Acide à 0,1 pour 100.......	43mm	43mm
» 1 »	40	40
» 4 »	41	39
» 10 »	38	39

Ces nombres font voir que l'osmose de l'acide sulfurique varie peu avec le degré de concentration du liquide : une solution renfermant 0,1 pour 100 d'acide paraît s'élever dans l'osmomètre aussi haut qu'une dissolution plus concentrée.

Certains sels neutres, le sulfate de potasse, le sulfate de soude, le sulfate d'ammoniaque, appartiennent encore à cette troisième classe. Pour le sulfate de soude à 0,125,

0,25, 1 et 4 pour 100, les ascensions respectives étaient de 46, 47, 36 et 24 millimètres; l'osmose diminue donc lorsque la proportion de sel dissous augmente.

Pour le sulfate de potasse à 0,25, 1 et 4 pour 100, osmose de 51, 46 et 38 millimètres; elle ne varie donc pas d'une manière très-considérable entre les limites des expériences; pour le chromate de potasse (1 pour 100), osmose de 54 millimètres.

4°. Substances ayant, dans les vases de terre, les pouvoirs osmotiques les plus considérables.

Cette classe comprend des sels à base alcaline, présentant une réaction franchement acide ou franchement alcaline, et quelques sels neutres de potasse.

	Osmose.
Biarséniate de potasse	66mm
Sel de la Rochelle	82
Bioxalate de potasse (0,02 pour 100)	32
» (0,05 pour 100)	55
» (0,1 pour 100)	63
» (0,25 pour 100)	70 (maximum).
» (1 pour 100)	63
» (2 pour 100)	56
Phosphate de soude	70,5

Borax............
Carbonate de soude..
Bicarbonate de soude.
} toujours plus de 60 degrés dans tous les osmomètres.

Cette même classe comprend encore un certain nombre d'acides énergiques :

Acide phosphorique	60mm
Acide métaphosphorique	73

Les alcalis caustiques exercent une action énergique sur la matière de la cloison; il est donc probable que leur osmose est toujours troublée par des causes étrangères. Elle est positive quand l'alcali est très-étendu, diminue et devient même négative quand il est plus concentré.

Soude caustique à	0,01 pour 100....	24mm
»	0,02 pour 100....	29
»	0,05 pour 100....	31 (maximum).
»	0,1 pour 100....	22
»	0,25 pour 100....	03
»	1 pour 100.....	.—10
»	2 pour 100.......	—10

On voit clairement ici que les substances qui déterminent le phénomène de l'osmose peuvent produire durant l'expérience certaines réactions en vertu de leurs aptitudes chimiques. Les alcalis et les acides sont susceptibles d'attaquer les silicates de chaux et d'alumine dont les vases poreux sont presque exclusivement constitués ; d'où résulte nécessairement la corrosion du vase, et la présence après l'expérience d'une certaine quantité d'alumine et de chaux dissoutes dans les liquides.

On a remarqué qu'il était impossible de chasser des pores de la cloison la totalité des matières acides ou alcalines employées, par des lavages à l'eau ou aux acides faibles ; les phénomènes de décomposition dont ces pores sont le siége paraissent se continuer indéfiniment. Après un certain nombre de lavages, l'action de l'osmomètre sur des sels d'un pouvoir osmotique faible, tels que le chlorure de sodium, se trouve souvent considérablement modifiée. A la longue on observe même que le contact des dissolutions salines avec l'osmomètre produit sur lui des changements analogues.

Pour cette raison je ne m'étendrai pas davantage sur le détail des expériences effectuées avec des appareils en terre poreuse ; je me bornerai à exposer les résultats généraux.

Les sels de potasse sont aussi retenus énergiquement ou absorbés par les pores de la cloison : c'est un phénomène du même ordre que celui de l'absorption des alcalis par les matières alumineuses, étudié par MM. Thomson et Way.

D'autres cloisons, qui n'éprouvent de la part des sels aucune action chimique, sont entièrement privés de pouvoir osmotique, bien qu'ils possèdent le degré de porosité

nécessaire à la production du phénomène. Tels sont la pierre à plâtre, le charbon moulé, le cuir tanné. Le pouvoir osmotique de l'argile blanche plastique est tout à fait insignifiant, comparé à celui de la même argile après la cuisson : on peut se rendre raison de cette différence en admettant que l'argile plastique, au maximum d'hydratation, n'éprouve plus de la part de l'eau aucune altération chimique, tandis que l'argile cuite aurait été transformée, par suite de l'action de la chaleur sur les silicates alumineux, en une matière plus facilement attaquable. Une plaque de calcaire impur de Caen présente, pour une solution de carbonate de potasse, un pouvoir osmotique bien supérieur à celui d'une plaque de marbre blanc parfaitement pur. Le rôle que jouent ici les matières étrangères renfermées dans la pierre calcaire n'a point échappé à Dutrochet, qui l'attribua à l'affinité de l'alumine pour l'eau. La capillarité, par suite, ne suffit pas pour produire le mouvement du liquide; car la *force motrice*, dans les expériences que nous venons de citer, paraît être l'affinité chimique sous l'une des formes qu'elle affecte.

Pour faciliter l'intelligence de la théorie chimique de la force osmotique que je vais proposer, j'appellerai pour un instant l'attention sur quelques considérations théoriques, relatives à la constitution moléculaire de l'eau et des dissolutions salines. Partant de ce que la molécule de vapeur d'eau est composée de 1 équivalent d'hydrogène et de 1 équivalent d'oxygène, on pourra facilement admettre que la molécule d'eau liquide résulte de l'agrégation d'un certain nombre de molécules de vapeur, et peut, en conséquence, être représentée par $n\,HO$. Mais alors un nouveau mode de groupement des atomes d'hydrogène et d'oxygène devient non-seulement possible, mais même probable. Au lieu de nous figurer ces derniers répartis par groupes binaires $H+O$ dans la molécule composée, nous pouvons faire de celle-ci un groupe binaire unique dont l'élément négatif

serait un atome unique d'oxygène, et l'élément positif un radical constitué par la totalité de l'hydrogène uni à l'oxygène restant. En d'autres termes, nous pouvons décomposer de la manière suivante la formule de l'eau liquide :

$$H^n O^n = (H^{m+1} O^m) + O.$$

Le nouveau radical que nous introduisons renfermera donc un certain multiple de HO, plus 1 équivalent d'hydrogène excédant, et se rapprochera, par ce dernier joint, des radicaux dont on fait usage en chimie organique, tels que le méthyle, l'éthyle, le benzoïle, etc.

Cela posé, le nouvel oxyde $(H^{m+1} O^m) + O$ sera plus facile à décomposer que l'oxyde HO : l'aptitude basique du radical $H^{m+1} O^m$ doit, en effet, diminuer avec le rapport des nombres d'équivalents d'hydrogène et d'oxygène qu'il renferme; or la différence entre ces deux nombres étant toujours d'une unité, leur rapport sera d'autant moindre que *m* sera plus grand : le radical $H^{101} O^{100}$ retiendra moins énergiquement l'atome d'oxygène ou tout autre atome négatif auquel il est uni que $H^{11} O^{10}$; celui-ci moins énergiquement que $H^3 O^2$, etc. Lors donc que l'eau est soumise à l'action décomposante d'un courant voltaïque, elle prendra sans aucun doute l'arrangement moléculaire supposé, qui représente le groupement binaire dont la décomposition en un élément positif et un élément négatif est la plus facile.

Les idées que je viens d'exposer ont été émises principalement dans le but de donner une explication des phénomènes de l'endosmose électrique.

Ces phénomènes intéressants ont été fort bien exposés pour la première fois par notre collègue M. Porret; ils ont été clairement définis dans ces derniers temps par M. Wiedemann (1). Dans l'électrolyse de l'eau pure, la quantité d'eau qui s'accumule au pôle négatif, ou qui suit l'hydrogène, est exactement proportionnelle au volume de ce dernier; ou, pour parler avec plus de précision, à chaque

(1) WIEDEMANN, *Poggendorff's Annalen*, tome LXXXVII, page 321.

équivalent d'hydrogène dégagé au pôle négatif correspond un nombre constant d'équivalents d'eau entraînée à ce même pôle et susceptible de traverser une cloison poreuse placée entre les deux électrodes. On explique ces faits en admettant que l'élément positif du groupe binaire qui se décompose est, non de l'hydrogène, mais un radical $H^{m+1} O^{m}$, qui, arrivé au pôle négatif, se dédouble de nouveau en $m\,HO + H$.

Mais bien que l'explication précédente ne suffise pas pour rendre compte de toutes les particularités du phénomène de l'endosmose électrique, la connaissance du phénomène lui-même nous est fort utile en ce qu'elle montre comment, dans les décompositions chimiques qui s'opèrent sur les dernières particules des corps, des quantités d'eau considérables peuvent être mises en mouvement.

Lorsqu'on étudie les effets de l'affinité chimique entre corps dissous, entre un acide et un alcali, par exemple, on ne porte généralement son attention que sur l'acide et l'alcali eux-mêmes comme étant les agents principaux dans la réaction, et l'on néglige entièrement l'eau d'hydratation qui leur est associée. Cependant l'acide et la base peuvent, en quelque sorte, remorquer l'un et l'autre à leur suite de grandes masses d'eau qui leur sont chimiquement unies. L'acide sulfurique renfermant déjà 49 équivalents d'eau développe encore de la chaleur quand on lui ajoute un cinquantième équivalent, et probablement une molécule de cet acide est capable, dans une solution étendue, de s'unir chimiquement avec un très-grand nombre, peut-être même avec un nombre indéfini de molécules d'eau. On voit, en résumé, que nous avons des raisons pour admettre qu'il existe un passage insensible de l'affinité chimique, dans les cas où elle se manifeste avec le moins d'énergie, à l'attraction d'agrégation.

Le fait d'une décomposition chimique s'effectuant au sein d'un diaphragme poreux et résistant est propre à ma-

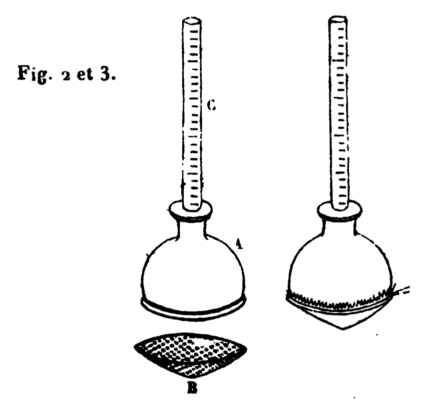
nifester le mouvement et la disposition de l'eau associée en fortes proportions avec les substances qui prennent part à la réaction, de même que l'interposition d'un diaphragme met en évidence, dans les expériences de l'endosmose électrique, le transport de l'eau par le courant, transport qu'on ne pourrait constater d'une autre manière.

§ II. — On a principalement étudié jusqu'ici l'osmose des liquides à travers des cloisons formées par des membranes animales. Ces membranes, outre leur faible épaisseur et leur facile perméabilité, opposent une résistance assez forte au passage des liquides sous l'influence des pressions mécaniques; elles présentent, pour ces diverses raisons, de grands avantages sur les cloisons faites avec des matières minérales. Je les ai également employées dans la plupart de mes expériences.

L'osmomètre dont j'ai fait usage n'est qu'une modification de l'appareil classique de Dutrochet.

Sur les bords d'une petite cloche de verre A, *fig.* 2, on

Fig. 2 et 3.

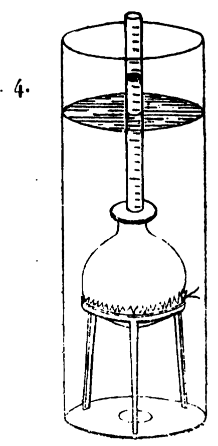


applique un disque de zinc légèrement convexe et percé d'une multitude de trous; par-dessus ce disque qui sert à la soutenir, on attache la membrane en la tendant fortement, *fig.* 3. On a toujours soin de vernir ou de peindre le zinc, afin de le soustraire autant que possible à l'action des solutions acides. Le poids du métal enlevé par le perce-

ment des trous s'élevait aux 49 centièmes du poids total du zinc. La cloche avait environ 75 millimètres de diamètre, et pouvait contenir de 150 à 180 grammes d'eau. Le tube C était long de 15 centimètres au plus; son diamètre d'environ $7^{mm},5$, $\frac{1}{10}$ de celui de la cloche, était donc assez grand par rapport à sa hauteur. Il était divisé en millimètres. L'énergie de l'osmose dépend principalement de l'étendue de la surface exposée; elle varie peu avec la capacité de l'appareil. Donc, le diamètre du tube étant, par exemple, la dixième partie de celui du disque, on en conclura qu'une élévation de 100 millimètres dans le tube correspond à l'introduction dans l'osmomètre, d'une colonne d'eau ayant pour base l'ouverture inférieure de la cloche, et pour hauteur 1 millimètre. Si les diamètres ne présentaient point entre eux le rapport précédemment énoncé, il suffirait de multiplier les résultats obtenus par un coefficient constant pour chaque appareil, pour que les degrés d'osmose qu'ils exprimeront soient indépendants des dimensions particulières de l'instrument.

La cloche étant pleine de la dissolution qu'on veut étudier, on plonge l'osmomètre dans un vase cylindrique en verre contenant au moins 1800 grammes d'eau distillée, *fig.* 4. On évite avec soin les inégalités de pression, en

Fig. 4.



maintenant sans cesse le même niveau à l'intérieur et à l'extérieur. L'appareil repose sur un trépied de zinc verni, à une distance de 10 centimètres environ du fond du vase de verre. Les observations se font d'heure en heure et pendant cinq heures : l'ascension du liquide, pendant cet intervalle de temps, est en général très-uniforme. Dans une expérience faite avec une vessie de bœuf fraîche, sur une dissolution renfermant 1 pour 100 de carbonate de potasse, les ascensions observées d'heure en heure étaient respectivement de 10, 12, 11, 14, 13 millimètres : l'expérience ayant été prolongée encore pendant cinq heures, on a trouvé 13, 12, 9, 11, 12 millimètres, ce qui fait pour la première période de cinq heures une ascension totale de 60 millimètres, et pour la deuxième une ascension totale de 67 millimètres. On déterminait fréquemment aussi la quantité de sel diffusé, en évaporant à siccité le liquide contenu dans le vase extérieur : cette quantité dépassait rarement un dixième de celle qu'on avait primitivement introduite dans l'osmomètre. Enfin l'on pesait encore la membrane avant de l'attacher sur l'appareil, et lorsqu'on l'enlevait pour la remplacer par une autre (ce qui se faisait généralement après la cinquième ou la sixième expérience), on observait toujours une diminution de poids qui variait depuis 20 jusqu'à 40 pour 100 du poids primitif de la membrane.

La tunique musculaire externe de la vessie entre rapidement en putréfaction; les changements de structure qu'elle éprouve alors, les quantités considérables de matières salines ou d'autres substances solubles qui s'en séparent, occasionnent des irrégularités qui font rejeter cette membrane pour les expériences. Les variations considérables de la force osmotique, observées par M. Matteucci et par d'autres physiciens, lorsqu'on retourne simplement la membrane de vessie, doivent probablement être attribuées, selon moi, à ce que les matières solubles provenant de la tunique

musculaire en voie de décomposition, sont entraînées vers l'intérieur ou vers l'extérieur, suivant que la membrane est elle-même tournée de l'une ou de l'autre façon. Pour ces raisons, j'ai toujours enlevé la tunique musculaire, et je conservais la séreuse seulement; celle-ci agissait bien plus activement, et l'on pouvait en faire usage pendant des semaines entières sans que le moindre signe de putréfaction s'y manifestât. J'ai souvent employé dans mes expériences deux semblables membranes superposées. Le poids d'un disque membraneux simple et sec, ayant $6^{c},25$ de diamètre, variait de $0^{gr},5$ à $1^{gr},2$ environ. On s'assurait, au commencement de chaque expérience, que la membrane était en bon état, et l'on déterminait son degré de perméabilité, en remplissant entièrement d'eau pure la cloche détachée de son tube, la suspendant à l'air libre, et comptant le nombre de gouttes d'eau qui en découlaient dans un temps donné. Pour de bonnes membranes, le temps qui s'écoulait entre la chute de deux gouttes successives variait depuis une jusqu'à vingt minutes. Le temps que met une même quantité d'eau à traverser les mêmes membranes sous l'influence de la force osmotique varie entre des limites bien moins éloignées, et dont le rapport n'est peut-être que celui de 1 à 2.

La quantité de sel diffusé varie aussi proportionnellement à la perméabilité osmotique des membranes, non à leur porosité mécanique.

Pour laver les diaphragmes, on les faisait macérer dans l'eau distillée, après chaque expérience, et pendant dix-huit heures au moins, sans les détacher de la cloche de verre. Jamais on ne laissait sécher une membrane; on la conservait humide tant qu'elle restait en expérience.

Les phénomènes osmotiques observés sur les membranes ont plus d'un point de ressemblance avec ceux que présentent les cloisons en terre. La membrane est sans cesse en voie de décomposition; en effet, on trouve, après chaque expé-

rience, des principes organiques dissous, et dans le liquide de l'osmomètre et dans le liquide extérieur; de plus, l'action osmotique de la membrane paraît diminuer graduellement, bien que d'une manière très-lente. Les sels et autres substances qui, même en solutions très-étendues, déterminent une osmose considérable appartiennent d'ailleurs tous à la classe des substances chimiquement actives; au contraire, la grande majorité des matières organiques neutres et des sels métalliques parfaitement neutres, à acides monobasiques, tels que les chlorures alcalins, déterminent seulement une osmose très-faible.

Lorsqu'on place dans l'osmomètre des solutions convenablement graduées de certains sels, l'ascension se fait avec une rapidité sans exemple dans ces sortes d'expériences. Voici, par exemple, les résultats obtenus avec diverses solutions de carbonate de potasse : chaque expérience durait cinq heures; toutes ont été effectuées sur la même membrane, et dans l'ordre où elles sont inscrites dans le tableau.

				Ascensions.
Solution renfermant	0,1	p. 100 de carb.	de potasse.	182^{mm}
»	0,1	»	»	120
»	0,1	»	»	199
»	0,5	»	»	246
»	0,5	»	»	194
»	1	»	»	205
»	1	»	»	207

Pendant le même temps, avec une autre membrane qui avait été préalablement exposée pendant dix minutes à la vapeur d'eau bouillante sans perdre de son activité, on a trouvé, à la température de 16 degrés centigrades :

				Ascensions.
Solution renfermant	1	p. 100 de carb.	de potasse.	402^{mm}
»	0,1	»	»	196
»	0,1	»	»	153
»	2	»	»	511
»	4	»	»	781
»	10	»	»	863

Dans cette dernière expérience la colonne d'eau qui a traversé la membrane et qui s'élève dans le tube à 1 mètre de hauteur environ, aurait, en s'appuyant sur la surface totale de la membrane, une hauteur de 8^{mm},6. Les expériences faites sur l'une et l'autre membrane montrent que l'osmose est relativement très-grande pour les dissolutions étendues; dans la première série, en effet, l'ascension moyenne du liquide contenant 0,1 pour 100 de carbonate de potasse était de 167 millimètres; dans la seconde de 206 millimètres.

Dans la seconde et la troisième expérience de la première série, on a déterminé par les méthodes alcalimétriques le poids de carbonate de potasse qui a traversé la membrane par diffusion; on l'a trouvé, dans l'un et l'autre cas, de 0^{gr},018. Quant au poids de l'eau qui s'est introduite dans l'osmomètre, on peut le calculer, connaissant les dimensions de l'appareil : chaque division du tube représente 0^{gr},060 d'eau; 167 divisions correspondent donc à 10^{gr},020 d'eau. Ainsi, en moyenne, pour une solution renfermant 0,1 pour 100 de carbonate de potasse, nous avons :

Carbonate de potasse diffusé......... 0^{gr},018
Eau introduite par l'osmose......... 10^{gr},020

Ces deux nombres sont entre eux comme 1 et 556. Ainsi, tandis que, durant cinq heures, une partie de sel traversait la membrane de l'intérieur à l'extérieur, 556 parties d'eau la traversaient en sens contraire.

Dans les deux expériences de la première série, faites avec une dissolution à 1 pour 100, les quantités de sel diffusé étaient de 0^{gr},192 et 0^{gr},198, quantités notablement plus grandes que celles données par le liquide à 0,1 pour 100. L'eau introduite dans l'osmomètre n'augmente, au contraire, que dans un rapport beaucoup plus faible, celui de 206 à 167 ou de 1 à 0,81. Ce rapport varie d'ail-

leurs beaucoup d'un appareil à l'autre. Ainsi, en moyenne, pour une solution renfermant 1 pour 100 de carbonate, nous avons :

Carbonate de potasse diffusé........	$0^{gr},195$
Eau introduite par l'osmose........	$12^{gr},360$

Ces deux nombres sont entre eux comme 1 et 63,4.

Quelle que soit donc la nature de l'action chimique exercée sur la membrane, et qui exerce une si grande influence sur l'énergie de l'osmose, il est visible que lors même qu'elle serait extrêmement faible, elle est toujours susceptible de déterminer un effet mécanique considérable.

Pour écarter toute théorie qui tendrait à expliquer l'osmose par l'effet de la contractilité ou de la structure organique de la membrane, il nous suffira de dire qu'avec une cloison formée uniquement d'albumine coagulée on a pu obtenir des effets aussi considérables que les précédents.

Voici comment on peut s'y prendre pour obtenir un osmomètre fermé par un diaphragme d'albumine coagulée. Sur l'ouverture de la cloche on tend un morceau de calicot ordinaire aussi fin que possible : il est bon de l'employer humide; puis on le recouvre, à l'aide d'un pinceau, de deux ou trois couches de blanc d'œuf, laissant toujours écouler une heure entre l'application de deux couches successives. On expose ensuite l'appareil durant quelques minutes à la vapeur d'eau bouillante; l'albumine se coagule entièrement. On laisse finalement l'osmomètre plongé dans l'eau froide pendant vingt-quatre heures au moins, afin de dissoudre tous les sels solubles du blanc d'œuf; il doit toujours être maintenu humide. Quelquefois avant d'appliquer l'albumine sur le calicot, je l'ai neutralisée par l'acide acétique et filtrée, afin de faire disparaître toute trace de matière organisée.

Dans un semblable appareil j'ai trouvé, à la température de 10 degrés centigrades :

				Ascensions.
Dissolution renfermant	1	p. 100 de carb.	de potasse.	211^{mm}
»	1	»	»	367
»	1		»	387
»	0,1		»	127
»	0,1		»	124

On voit que dans un osmomètre avec diaphragme d'albumine, pas plus que dans tout autre, on ne peut avoir égard au résultat de la première expérience.

Une feuille d'albumine coagulée est généralement plus dense qu'une membrane animale bien disséquée, d'où résulte une diminution dans la quantité de sel qui la traverse par diffusion.

Les poids de sel diffusé dans les trois premières expériences étaient respectivement de 0^{gr},024, 0^{gr},038 et 0^{gr},042. Ce dernier, le plus grand des trois, avait été remplacé par 23^{gr},220 d'eau, c'est-à-dire par un poids égal à 552 fois celui du sel diffusé.

Une condition indispensable et d'ailleurs évidente pour la production des phénomènes osmotiques est que les liquides séparés par la cloison poreuse soient chimiquement différents. Si l'on emploie deux liquides identiques de chaque côté, de l'eau pure par exemple, il pourra bien se manifester des actions chimiques, mais elles seront les mêmes sur les deux faces du diaphragme; les mouvements du fluide qu'elles tendront à produire étant égaux et de directions opposées, devront évidemment s'entre-détruire. Pour que les actions exercées sur les deux faces soient inégales, il faut donc que les liquides qui les baignent soient différents. Toutefois, il est difficile d'assigner les limites et la véritable nature de ces actions chimiques. Il ne paraît pas qu'il se fasse dans la membrane même aucun dépôt permanent de matière durant l'osmose, même quand elle a été en contact avec des sels métalliques facilement décomposables, tels que ceux de plomb et de mercure. L'action exercée sur

la membrane paraît être une action dissolvante; on pourrait espérer d'en trouver le siége en faisant usage de deux membranes superposées. Toutefois les pertes de poids respectives des deux membranes ne présentent pas de différence notable; cette particularité peut être due à deux causes: ou bien à ce que la perte de poids est due presque exclusivement à l'action dissolvante de l'eau, tandis que le sel n'enlèverait que fort peu de principes solubles à la membrane; ou bien, et cette dernière manière de voir me paraît actuellement la plus probable, à ce qu'il s'exerce sur les deux faces des actions chimiques de nature différente et non point une même action avec des degrés d'intensité différents. Cette idée me fut suggérée quand je remarquai que les composés binaires capables de déterminer une osmose considérable se décomposent souvent avec une grande facilité, en un élément acide et en un élément basique susceptibles d'agir l'un et l'autre sur la membrane. Concevons, par exemple, qu'on opère sur un sel neutre, et que dans l'épaisseur même du diaphragme il se produise un cercle dont une moitié serait formée par des molécules salines tournant toutes leur acide vers la surface externe de la membrane, et leur base vers la surface interne, le cercle étant d'ailleurs complété par la substance même du diaphragme. Il est clair que les deux surfaces éprouveront une action chimique : sur la première, l'albumine s'unira avec l'acide; sur la seconde, avec l'alcali. Toutefois, je ne prétends donner ici qu'une représentation idéale de l'état de la cloison poreuse durant le phénomène de l'osmose. Je n'ai constaté aucun fait qui pût faire conclure à l'existence réelle de la polarité dont il a été question, et je doute que le galvanomètre soit un instrument propre à la mettre en évidence, car il serait traversé par un courant par cela seul que les deux extrémités du fil plongeraient dans deux liquides différents. Je me bornerai donc, quant à présent, à énoncer certaines conclusions empiriques générales sur le rôle que

joue l'affinité chimique dans les phénomènes d'osmose.

Lorsqu'on opère sur des membranes animales on trouve de fréquents exemples d'osmose négative (exosmose); la hauteur du liquide dans le tube diminue pendant l'expérience. Dutrochet l'a constaté pour les dissolutions d'acide oxalique et pour les dissolutions d'acide tartrique d'un certain degré de concentration; j'ai pu généraliser ces résultats en disant que les acides déterminent toujours une osmose négative ou bien une osmose positive extrêmement faible.

Une solution renfermant 1 pour 100 d'acide oxalique s'abaissa, dans une première expérience, de 148 millimètres; dans une seconde, de 141 millimètres. Une solution contenant 0,1 pour 100 du même acide, s'abaissa : 1° de 10 millimètres; 2° de 27 millimètres. Avec une autre membrane, la première solution donna — 136 millimètres; après l'addition de 0,1 pour 100 d'acide chlorhydrique, — 181 millimètres, et — 168 millimètres. Avec cette même membrane, après l'addition de 0,1 pour 100 de sel marin à la même solution d'acide oxalique, l'abaissement ne fut que de 45 millimètres; l'addition de 0,25 pour 100 du même sel détermina une élévation (osmose positive) de 6 millimètres. Cette influence du chlorure de sodium est remarquable, car les dissolutions faibles de cette substance n'ont qu'un pouvoir osmotique des plus minimes. Dans un autre appareil, une solution renfermant 1 pour 100 d'acide oxalique, on observa successivement — 56 et — 57 millimètres : l'addition de 0,1 pour 100 d'albumine à la solution donna — 46; celle de 0,25 pour 100 d'albumine, — 20; de 0,25 pour 100 de gélatine, — 59; enfin celle de 0,25 pour 100 de sucre, — 53 millimètres.

La membrane de l'osmomètre étant remplacée par du calicot albuminé, on trouva encore une osmose négative pour la même dissolution d'acide oxalique (1 pour 100); trois expériences donnèrent successivement — 13, — 16 et — 20 millimètres. Par l'addition de 0,1 pour 100 d'acide

chlorhydrique, on obtint — 46 et — 58 millimètres ; par celle de 0,1 d'acide sulfureux, — 62 et — 58 millimètres.

Une solution faible d'acide chlorhydrique (0,1 pour 100) ayant été introduite dans un osmomètre à membrane, donna — 92, — 37 et — 27 millimètres. L'addition d'une petite dose de chlorure de sodium donna des résultats de même sens et plus marqués encore que dans les expériences faites sur l'acide oxalique. D'ailleurs un grand nombre de matières neutres solubles, ajoutées à la solution aqueuse d'acide chlorhydrique, changent le signe de son pouvoir osmotique : il est dès lors indispensable d'enlever avec soin la tunique musculaire qui recouvre la membrane de vessie, dans toutes les expériences qu'on établit sur cet acide.

L'osmomètre étant fermé par une membrane bien disséquée, on trouva :

Pour l'acide nitrique (0,1 pour 100), à la température de 14 degrés centigrades, + 8 et + 23 millimètres.

Pour l'acide phosphorique tribasique (1 pour 100), à 16 degrés, — 6 millimètres ; à 17 degrés, — 7 millimètres. Les quantités d'acide diffusé pendant les mêmes expériences étaient respectivement de $0^{gr},143$ et $0^{gr},130$.

Pour l'acide métaphosphorique (1 pour 100), à 13 degrés, + 137 et + 131 millimètres ; ce résultat, eu égard à la faible capacité de saturation de l'acide monohydraté, ne manque pas d'intérêt lorsqu'on le rapproche du précédent. Une solution renfermant seulement 0,1 pour 100 du même acide donna encore une osmose positive de 28 et 23 millimètres.

Pour l'acide citrique (1 pour 100) dans un osmomètre à membrane, + 39 et + 36 millimètres ; dans un appareil fermé par un diaphragme de calicot albuminé, à la température de 17 degrés, + 31 et + 31 millimètres.

Pour le même acide préalablement fondu (1 pour 100), à 17 degrés, dans le premier osmomètre, — 38 et — 35 ; dans le second, 0 et — 2 millimètres.

Pour une dissolution plus faible d'acide fondu (0,1 pour

100), osmose positive faible, savoir : 15 millimètres dans le premier osmomètre et 2 millimètres dans le second.

Pour l'acide tartrique (1 pour 100), à travers la membrane, à 20 degrés, + 18 et + 19 millimètres ; à travers le calicot albuminé, à 17 degrés, + 20 millimètres.

Pour le même acide préalablement fondu, à travers la membrane, à 14 degrés, — 68 et — 61 millimètres. L'acide tartrique éprouve donc par la fusion une modification moléculaire analogue à celle que subit l'acide citrique. Dans ces deux dernières expériences il y avait eu respectivement $0^{gr},123$ et $0^{gr},132$ d'acide diffusé.

A travers l'albumine pour une dissolution renfermant 1 pour 100 d'acide fondu, osmose faiblement positive de 5 et 2 millimètres à 16 degrés ; pour une dissolution ne contenant que 0,1 pour 100, à la même température, + 5 et + 3 millimètres.

Pour l'acide racémique (1 pour 100), à 13 degrés, + 4, + 11 et + 7 millimètres, avec la membrane ; + 15 et + 22 millimètres, à la même température, avec l'albumine. Osmose toujours faiblement positive comme pour l'acide tartrique.

Pour l'acide acétique, solutions renfermant respectivement 0,1, 0,5 et 1 pour 100 d'acide, osmose positive faible comprise entre 25 et 28 millimètres (température comprise entre 14 et 17 degrés).

Pour l'eau saturée d'acide carbonique, à 18 degrés, + 25 et + 26 millimètres à travers la membrane ; 20 et 22 millimètres à travers l'albumine.

Pour la même solution, additionnée d'un égal volume d'eau, à 17 degrés, + 15 et + 18 millimètres avec la membrane, + 16 et + 16 millimètres avec l'albumine.

Pour le chlorure d'or, résultats analogues à ceux que fournissent les acides énergiques ; à 18 degrés, osmose négative de — 49 et — 54 millimètres, accompagnée d'une

abondante précipitation d'or métallique dans les pores de la membrane.

Pour le bichlorure de platine (1 pour 100) aussi neutre que possible, à 16 degrés, — 32 et — 30 millimètres à travers la membrane. Avec une solution à 0,1 pour 100 seulement, trois expériences faites à 17, 16 et 18 degrés, ont donné respectivement + 27, + 14 et + 5 millimètres. A travers l'albumine, pour la première solution, à 16 degrés, + 54 et + 50 millimètres; pour la seconde, à 18 degrés, + 43 millimètres. L'albumine semble, d'après tous ces résultats, moins propre à favoriser l'osmose négative que les membranes.

Pour le bichlorure d'étain (0,1 pour 100), à 16 degrés, — 24 millimètres à travers la membrane; pour une solution renfermant 1 pour 100 de chlorure, à 15 degrés, — 46 et — 71 millimètres. L'addition de 0,5 pour 100 d'acide sulfurique à cette dernière n'a pas changé le sens du résultat; on a obtenu — 63 millimètres. Par l'addition d'un peu d'ammoniaque toute osmose disparaît, le liquide se maintient au zéro. A travers l'albumine, la solution à 1 pour 100 donne une osmose négative faible, — 5 et — 5 millimètres à 15 degrés.

Le pouvoir osmotique fortement négatif de l'acide oxalique se retrouve dans le bioxalate de potasse. Une solution renfermant 1 pour 100 de ce sel anhydre a donné, à 16 degrés, — 112 et — 99 millimètres avec la membrane; une liqueur qui en contenait 0,1 pour 100, à la même température, — 30 millimètres. Avec le calicot albuminé, la première solution a donné — 20 millimètres à 16 degrés; une dissolution contenant 2,5 pour 100 de bioxalate, — 15 millimètres dans le même appareil.

Pour le bisulfate de potasse (1 pour 100), à 13 degrés, + 4 et + 7 millimètres à travers la membrane; + 7,3 et + 6 millimètres, à la même température, à travers l'albumine.

Pour une solution de bitartrate de potasse, saturée à froid, osmose positive faible à 13 degrés; + 4 et + 2 millimètres à travers la membrane; + 20 et + 17 millimètres à travers le diaphragme d'albumine. D'autres sels acides, tels que le biarséniate de potasse et le bichromate de potasse, ont donné des résultats du même ordre. Il semble donc peu probable que, parmi les sels à base de potasse, il y en ait d'autres que les oxalates qui donnent des résultats négatifs.

Les dissolutions aqueuses des matières organiques neutres paraissent, en général, incapables de déterminer une osmose considérable, quand elles sont très-étendues (quand elles renferment, par exemple, 1 pour 100 de matière dissoute, ou moins encore). En employant une membrane de vessie non disséquée, et des solutions contenant 1 pour 100 de substance dissoute, on a trouvé : pour la salicine, + 5 millimètres; pour le tannin, + 3 millimètres; l'urée, + 4 millimètres; la gélatine, + 9 millimètres; l'amygdaline, + 6 millimètres; le sucre de lait, + 7 millimètres; le glucose, + 7 millimètres; la gomme arabique, + 18 millimètres; l'hydrochlorate de morphine, + 4 millimètres.

J'ai particulièrement étudié l'osmose de l'alcool et du sucre. Pour ces matières et pour quelques autres substances neutres, l'osmose observée sur des dissolutions à 1 pour 100 est très-faible; mais elle croît avec le degré de concentration, en sorte qu'il existe une relation plus ou moins simple entre l'ascension du liquide de l'osmomètre et la quantité de matière diffusée. Cette circonstance imprime un caractère mécanique au phénomène. C'est dans l'examen de ces substances que se révèle le plus nettement l'influence de la diffusibilité sur la grandeur de l'osmose. Cet examen présente un intérêt particulier, parce que l'osmose, faible il est vrai, mais d'une remarquable uniformité, se produit ici sans qu'aucune affinité énergique connue intervienne dans le phénomène.

Alcool. — J'aurai soin, dans la description des expériences, de faire ressortir toutes les circonstances auxquelles on pourrait supposer quelque influence sur la nature des résultats.

Dans le tableau suivant, la colonne I contient les proportions pondérales d'alcool absolu dissous dans l'eau de l'osmomètre.

Pour préparer, par exemple, la solution à 10 pour 100, on pèse 10 grammes d'alcool, puis on ajoute de l'eau jusqu'à ce que le volume soit celui de 100 grammes d'eau. En opérant ainsi, on obtient des volumes égaux de solutions à divers titres; ce sont, en effet, des volumes égaux et non des poids égaux des différents liquides qu'il faut introduire dans l'osmomètre. Il est clair aussi qu'avec la solution à 20 pour 100, nous y introduirons une quantité d'alcool absolu réellement double de celle que contient un égal volume de solution à 10 pour 100.

Les expériences ont été effectuées dans l'ordre où elles sont inscrites aux tableaux suivants. Pour la première expérience de chaque tableau, on a employé une membrane fraîche, qu'on avait préalablement fait macérer dans l'eau froide. La durée de cette macération est inscrite à la colonne V : elle se prolongeait en général pendant une journée, ou, plus exactement, pendant les dix-huit heures qui s'écoulaient entre deux expériences successives.

Dans la colonne VI, j'indique la résistance que présente la membrane à l'écoulement de l'eau (*hydrostatic resistance*); elle se mesure par le nombre de minutes qui se passent entre la chute de deux gouttes d'eau successives, l'osmomètre étant rempli d'eau distillée et suspendu à l'air libre. La colonne VII contient les températures de l'eau du cylindre extérieur; l'ascension du liquide dans le tube, ou l'osmose, est exprimée en millimètres dans la colonne II; la colonne III renferme les mêmes résultats exprimés en grammes, ou plus exactement en centimètres cubes. Enfin

le poids de la substance diffusée à travers la membrane a été noté dans la colonne IV. Les nombres de ces deux dernières colonnes permettront de comparer le poids de la substance sortie de l'osmomètre avec le poids de l'eau qui s'y est introduite dans le même temps. Il faut toutefois remarquer que l'ascension apparente qu'on observe n'est que l'excès du volume du liquide introduit sur le volume du liquide sorti. Pour avoir le volume total de l'eau qui est entrée dans l'osmomètre, il faut ajouter au volume observé le volume de la substance diffusée.

La durée de chaque expérience était de cinq heures.

Tableau N° I.

Alcool. Osmomètre à double membrane.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
ALCOOL dans 100 parties d'eau.	ASCENSION en millimètres.	OSMOSE exprimée en grammes.	ALCOOL diffusé.	DURÉE de la macération.	RÉSISTANCE de la membrane à l'écoulement	TEMPÉRATURE (Degrés centigrad.)
0,25	12	"	"	1 jour 1/2	8 min.	17°
0,25	7	"	"	1 jour	8	17
1	10	"	"	1	6	19
1	15	"	"	1	6	19
2	20	"	"	1	6	19
2	22	"	"	1	6	21
5	45	1,984	0,521	2	6	22
5	45	1,984	0,452	1	8	21
10	70	3,072	"	1	8	19
10	76	3,328	"	1	8	19
20	107	4,672	"	1	8	19
20	109	4,800	"	1	8	19

On a fait parallèlement, sur un autre osmomètre à membrane, une seconde série d'expériences destinée à contrôler les résultats de la première.

Tableau N° II.

Alcool. Osmomètre B à double membrane.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
ALCOOL dans 100 parties d'eau.	ASCENSION en millimètres.	OSMOSE exprimée en grammes.	ALCOOL diffusé.	DURÉE de la macération.	RÉSISTANCE de la membrane à l'écoulement	TEMPÉRATURE (Degrés centigrad.)
1	14	"	"	2 jours 1/2	12 min.	17°
1	14	"	"	1 jour.	12	17
2	19	"	"	1	8	19
2	19	"	"	1	8	19
5	46	"	"	1	8	19
5	54	2,432	0,579	1	8	21
10	90	4,028	1,505	2	6	22
10	96	4,332	"	1	8	21
20	120	5,396	"	1	8	19
20	123	5,472	"	1	4	19
20	137	6,156	"	1	4	19
20	142	6,384	"	1	4	19

On remarquera, d'après ces chiffres, que l'osmose croît avec la proportion d'alcool, moins rapidement, il est vrai, que cette dernière; en effet, l'osmose donnée par la solution à 20 pour 100, dans l'une et l'autre série, n'est égale qu'à 10 fois environ l'osmose donnée par la solution à 1 pour 100. Dans la seconde série, on voit que la résistance de la membrane B a diminué rapidement d'une expérience à l'autre; il en est résulté une augmentation dans son degré de perméabilité, qui suffit sans doute pour expliquer l'accroissement d'osmose dans les deux dernières expériences. A part cela, les nombres des deux séries concordent d'une manière très-satisfaisante, tant pour la grandeur de l'osmose que pour les quantités d'alcool diffusé. J'ajouterai encore que dans quelques expériences sur les dissolutions à 10 et à 20 pour 100, on a changé l'eau du vase extérieur trois heures après l'établissement de l'appareil. Pour doser l'al-

cool diffusé, après l'avoir concentré par deux distillations, on en déterminait la densité.

On a fait plusieurs expériences, afin de déterminer le rapport entre les quantités d'alcool diffusé d'une solution à 5 pour 100 et d'une solution à 20 pour 100, à travers une même membrane. On a trouvé que le rapport cherché est, en moyenne, celui de 1 à 3,02 ; je mentionne ici ce résultat, parce que des expériences imparfaites, exécutées antérieurement, m'avaient fait trouver un nombre différent.

Sucre. — Les expériences sur le sucre, matière parfaitement neutre, ont été effectuées aussi complétement que possible dans le but de mettre en lumière les effets de la diffusion seule, dans des conditions où ils ne sont modifiés par aucune action chimique.

On a fait usage de sucre de canne cristallisé.

TABLEAU N° III. — *Sucre. Osmomètre D à double membrane.*

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
SUCRE dans 100 parties d'eau.	ASCENSION en millimètres.	OSMOSE exprimée en grammes.	SUCRE diffusé.	DURÉE de la macération.	RÉSISTANCE de la membrane à l'écoulement	TEMPÉRATURE (Degrés centigrad.)
1	21	1,027	gr //	1 jour.	4 min.	18°
1	8	0,395	0,150	9	2 1/2	17
1	19	0,948	0,140	1	3 1/2	17
2	19	0,948	0,178	1	2 1/2	19
2	19	0,948	0,182	1	2 1/2	19
5	39	1,900	0,438	1	2 1/2	19
5	49	2,370	0,480	1	2 1/2	21
10	66	3,239	1,110	2	2 1/2	22
10	79	3,871	0,853	1	2 1/2	21
10	76	3,713	0,840	1	3	19
20	121	5,975	1,376	1	3	19
20	117	5,688	1,485	1	3	19

Les nombres qui expriment l'osmose et ceux qui font connaître le poids du sucre diffusé ne forment pas deux

progressions arithmétiques parfaitement exactes. Il était intéressant de rechercher si ces irrégularités sont essentielles ou accidentelles et particulières à la membrane sur laquelle on a opéré; il n'était pas moins utile d'examiner si la même membrane donnerait, dans deux séries d'expériences succesives, des résultats semblables. C'est pourquoi on a effectué sur la membrane E les deux séries d'essais dont les résultats sont inscrits au tableau n° IV.

TABLEAU N° IV.— *Sucre. Osmomètre E à double membrane.*

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
SUCRE dans 100 parties d'eau.	ASCENSION en millimètres.	OSMOSE exprimée en grammes.	SUCRE diffusé.	DURÉE de la macération.	RÉSISTANCE de la membrane à l'écoulement	TEMPÉRATURE (Degrés centigrad.)
0,25	5	0,240	"	2 jours	10 min.	17°
0,25	9	0,420	0,050	1	10	17
1	12	0,531	0,110	1	8	19
1	11	0,472	0,106	1	10	19
2	24	1,060	0,205	1	8	19
2	31	1,357	0,208	1	8	21
5	65	2,891	0,600	2	8	22
5	63	2,773	0,555	1	8	21
10	89	3,953	1,073	1	10	19
10	104	4,602	0,967	1	10	19
10	96	4,248	"	1	10	19
20	133	5,900	1,457	1	10	19
20	106	4,720	1,643	10	10	18
20	118	5,251	1,656	1	6	18
1	19	0,826	0,105	1	6	20
1	19	0,826	"	1	6	18
2	24	1,062	0,153	1	6	18
2	25	1,121	0,162	1	6	18
5	37	1,652	0,435	2	8	19
5	33	1,425	0,470	1	8	19
10	69	3,068	0,757	2	8	19
10	76	3,363	"	1	8	21
20	110	4,807	"	1	8	21
20	112	4,956	1,540	2	3	21

On obtenait les quantités de sucre diffusé en évaporant à siccité le liquide du vase extérieur à la température de 100 degrés. Le résidu renfermait, par suite, une petite quantité de matière organique abandonnée par la membrane, en sorte que le poids obtenu se trouvait un peu trop fort. L'erreur ainsi commise était inappréciable; elle n'affectait d'une manière sensible que le premier nombre de la colonne IV, relatif à l'expérience faite sur une solution à 0,25 pour 100.

Bien que les résultats, lors même qu'on ferait abstraction de ceux qui ont été obtenus avec la solution à 0,25, présentent quelques irrégularités, on voit cependant que les nombres des colonnes II et IV, pour la première série d'expériences faites sur des liquides à 1, 2, 5 et 10 pour 100, croissent assez exactement comme les termes de deux progressions arithmétiques. Par exemple, l'ascension moyenne pour le liquide renfermant 1 pour 100 de sucre est de $11^{mm},5$; pour le liquide qui en contient 10 pour 100, elle est de $96^{mm},3$. Les quantités moyennes de sucre diffusé, pour les mêmes solutions, sont respectivement de $0^{gr},108$ et de $1^{gr},020$.

Mais les nombres obtenus pour la solution à 20 pour 100 sont notablement inférieurs à ce qu'exigerait la progression. Laissons de côté le nombre 106 de la deuxième expérience faite sur cette solution; il est possible que la durée excessive de la macération qui a précédé cette expérience soit pour quelque chose dans la faiblesse du résultat : la moyenne, de 125 millimètres, des deux autres nombres 133 et 118 n'en est pas moins bien inférieure au double de 96,3, c'est-à-dire de l'ascension moyenne du liquide à 10 pour 100. Il en est de même pour les nombres 1,585 et 1,020, qui donnent les quantités moyennes de sucre diffusé dans les deux cas.

La seconde série d'expérience a donné des résultats plus faibles que la première. La différence se manifeste surtout

pour le liquide à 10 pour 100 qui, dans la première série, avait donné en moyenne $96^{mm},3$ d'osmose et $1^{gr},020$ de sucre diffusé ; tandis que dans la seconde série on n'a observé, sur le même liquide, que $72^{mm},5$ d'osmose et $0^{gr},757$ de sucre diffusé.

Deux remarques sont à faire sur les résultats de cette dernière série. En premier lieu, les deux nombres 19 qui expriment l'osmose pour la solution à 1 pour 100, sont plus grands que leurs correspondants de la première série. Cette particularité n'est qu'accidentelle et provient de ce que les expériences sur cette solution ont été faites immédiatement après que l'osmomètre avait été rempli d'une solution très-concentrée, à 20 pour 100. En second lieu, le dernier nombre de la colonne IV est aussi très-élevé ; cela tient, sans aucun doute, à la diminution soudaine (de 8 à 3) qu'a éprouvée la membrane durant l'avant-dernière expérience. Cette diminution n'a rien qui doive étonner; la même membrane avait servi aux expériences durant trente-cinq jours, sans interruption.

Je crois que la raison pour laquelle les nombres de la seconde série sont inférieurs à ceux de la première (à peu près dans le rapport de 3 à 4), c'est que la membrane se ramollit et se gonfle par une immersion prolongée dans l'eau; qu'ainsi les canaux que le sucre doit traverser acquièrent une plus grande longueur, et diminuent par cela même la rapidité de la diffusion.

Il est aussi intéressant de chercher les rapports entre les quantités d'eau et de sucre qui traversent la membrane en sens contraire. Ces rapports paraissent varier fort peu, tant qu'on opère sur des solutions contenant de 1 à 10 pour 100 de sucre. Si l'on prend, par exemple, la somme des quantités de sucre diffusé dans les huit expériences de la première série effectuées sur des solutions renfermant de 1 à 10 pour 100 de sucre, on trouve $3^{gr},824$; la somme des quantités correspondantes d'eau est de $17^{gr},639$. Mais ce

dernier nombre, qui exprime l'osmose apparente, doit être augmenté du poids d'un volume d'eau égal au volume du sucre diffusé; en adoptant 1,7 pour la densité du sucre, le poids à ajouter à $17^{gr},639$ est de $2^{gr},25$. Nous avons donc :

Sucre diffusé....................	$3^{gr},824$
Eau introduite à sa place.........	$19^{gr},889$

nombres qui sont entre eux comme 1 et 5,2.

Il résulte donc de ce calcul que le sucre est remplacé dans l'osmomètre par un peu plus de 5 fois son poids d'eau. Les expériences moins complètes que j'ai faites sur l'alcool et qui sont exposées plus haut, conduisent pour ce dernier liquide à un résultat à peu près semblable.

Si pour chacune des solutions sucrées du tableau n° III nous répétons le même calcul, nous obtenons encore des rapports peu différents de celui que nous venons de trouver :

Solut. à 1 p.	100,	$0^{gr},145$	de sucre p.	$0^{gr},756$ d'eau.		1 à 5,21
»	2	»	$0^{gr},180$	»	$1^{gr},054$	1 à 5,85
»	5	»	$0^{gr},459$	»	$2^{gr},405$	1 à 5,22
»	10	»	$0^{gr},934$	»	$4^{gr},158$	1 à 4,43
»	20	»	$1^{gr},430$	»	$6^{gr},672$	1 à 4,66

En moyenne, ces résultats indiquent que 5,07 parties d'eau remplacent 1 partie de sucre.

Le phénomène de l'osmose du sucre présente donc à un haut degré les caractères d'un phénomène physique; et peut-être n'est-il autre chose que l'effet d'une cause purement mécanique, de l'échange, par voie de diffusion, d'une certaine quantité de sucre contre une certaine quantité d'eau.

J'ai fait une troisième série d'expériences sur le sucre, dans un osmomètre fermé par un diaphragme de calicot albuminé. Les résultats que j'ai obtenus concordent parfaitement avec ceux donnés par les osmomètres à membranes. On en pourra juger par le tableau suivant :

TABLEAU N° V.

Sucre. Osmomètre F à calicot albuminé.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
SUCRE dans 100 parties d'eau.	ASCENSION en millimètres.	OSMOSE exprimée en grammes.	SUCRE diffusé.	DURÉE de la macération.	RÉSISTANCE de la membrane à l'écoulement	TEMPÉRATURE. (Degrés centigrad.)
1	16	0,684	0,124	1 jour.	2 min.	15°
1	22	0,912	0,156	1	10	16
4	31	1,311	0,476	1	1	16
4	42	1,767	0,505	1	1	17
4	34	1,425	0,542	1	1	17
10	92	3,876	1,283	1	0,50	17
10	106	4,389	1,179	1	0,66	18
10	90	3,762	1,193	1	1	17

On remarquera la variabilité de la résistance du diaphragme ; cette résistance, toutefois, est généralement peu considérable ; or, c'est là une condition propre à favoriser la diffusion que tend à produire la pression du liquide dense contenu à l'intérieur de l'osmomètre. Les quantités de sucre diffusé (colonne IV) peuvent être regardées comme sensiblement proportionnelles aux titres des solutions employées. Si l'on prend les moyennes des nombres qui expriment l'osmose des solutions à 4 et à 10 pour 100, on trouve 36 et 96, qui sont sensiblement entre eux comme 4 et 10 ; mais l'osmose de la solution à 1 pour 100 est notablement plus forte que ce qu'exigerait la proportion. Il n'est pas étonnant, du reste, que les premières expériences qu'on effectue sur un osmomètre à albumine donnent des résultats trop forts : la matière soluble, douée d'une réaction alcaline, que l'eau de l'osmomètre enlève à la substance du diaphragme, agit dans ces expériences comme une matière douée d'un pouvoir osmotique sensible.

Sulfate de magnésie. — J'ai choisi ce sel comme exemple

parmi les sels neutres : il est sans action sur les papiers réactifs. De plus, il ne paraît pas susceptible de se transformer en un sel acide stable en s'unissant avec une plus grande quantité d'acide sulfurique, ni en un sel avec excès de base en s'unissant avec une plus grande quantité de magnésie : il ne se décompose point d'ailleurs pendant la diffusion. Ces diverses propriétés nous garantissent l'indifférence chimique du sel et le rendent parfaitement propre à l'étude de phénomènes dont je m'occupe en ce moment.

Deux expériences faites sur une dissolution renfermant 1 pour 100 de sulfate de magnésie (anhydre), dans un osmomètre à double membrane fraîche, ont donné respectivement 13 et 14 millimètres d'ascension à la température de 17 degrés.

Deux séries d'expériences ont été faites successivement avec l'osmomètre F dont je m'étais déjà servi, mais dont j'ai eu soin de remplacer le diaphragme membraneux.

TABLEAU N° VI.

Sulfate de magnésie. Osmomètre F à double membrane.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
SULFATE anhydre dans 100 p. d'eau.	ASCENSION en millimètres.	OSMOSE exprimée en grammes.	SEL diffusé.	DURÉE de la macération	RÉSISTANCE de la membrane à l'écoulement	TEMPÉRATURE. (Degrés centigrad.)
2	30	1,254	"	2 jours.	10 min.	22°
2	33	1,368	0,265	1	10	21
5	73	3,078	0,540	1	10	19
5	76	3,192	0,553	1	10	19
10	152	6,384	1,020	1	10	19
10	134	5,529	0,962	1	10	19
20	238	9,918	1,623	10	15	18
20	283	11,836	1,687	1	3,5	18
1	23	0,969	0,119	1	5	20
1	20	0,855	0,120	1	5	18
2	30	1,254	0,227	1	5	18
2	29	1,197	0,233	1	5	18
5	69	2,907	0,490	2	6	19
5	68	2,850	0,485	1	6	19
10	132	5,529	0,959	2	6	19
10	140	5,871	0,845	1	6	21
20	277	11,628	"	1	6	21
20	291	12,198	2,012	2	6	21

La quantité de sel diffusé croît un peu moins vite que le titre de la solution, dans l'une et l'autre série d'observations. Dans un travail antérieur (1) j'avais remarqué déjà cette particularité pour les solutions concentrées, en étudiant la diffusion du même sel sur des dissolutions contenues dans des vases ouverts par leur extrémité immergée.

Voici les nombres que j'ai obtenus alors :

					pour 100.
Titres des solutions....	2	4	8	16	24
Nombres proport. aux quant. de sel diffusé.	2	3,671	6,701	11,785	15,678

(1) *Philosophical Transactions*, 1850, page 822.

En déduisant, par le calcul, de ces derniers nombres, les quantités de sel qui eussent été diffusées de solutions aux titres respectifs de 2, 5, 10 et 20 pour 100, nous pourrons les rapprocher de celles obtenues dans les deux séries d'expériences du tableau n° VI.

Titres des solutions.	2	5	10	20
Sel diffusé, point de membrane. .	2	4,43	8,21	13,75
Sel diffusé, 1re série, tableau VI. .	2	4,12	7,48	12,5
Sel diffusé, 2e série, tableau VI. .	2	4,24	7,82	17,34

Si l'on fait abstraction du dernier nombre de la quatrième colonne (et ce nombre est évidement trop grand, par suite de quelque erreur accidentelle), on trouve une concordance très-satisfaisante entre les résultats des trois séries d'expériences.

Il semble, d'ailleurs, que la présence d'une membrane, dans les deux dernières séries, ait pour effet de diminuer un peu les quantités de sel diffusé des solutions concentrées : la diminution paraît être d'autant plus grande que la membrane est plus fraîche; les nombres de la quatrième ligne surpassent, en effet, un peu ceux de la troisième. Toutefois l'influence qu'exerce la membrane sur la grandeur de la diffusion est en définitive très-faible.

Si l'on compare maintenant les moyennes des nombres qui, dans les deux séries d'expériences du tableau n° VI, expriment l'osmose en millimètres pour les solutions à divers titres, nous trouvons, ainsi que nous l'avions constaté déjà pour le sucre, que ces moyennes varient proportionnellement aux titres des dissolutions employées.

Première série. — (Tableau VI.)

Titres des solutions.	2	5	10	20
Osmose moyenne.	2	4,73	9,08	16,54

Deuxième série. — (Tableau VI.)

Titres des solutions.	2	5	10
Osmose moyenne.	2	4,64	9,22

L'osmose paraît être plus exactement proportionnelle au titre que la diffusion; d'où résulte, pour le sulfate de magnésie, qu'il n'y a pas un rapport bien constant entre l'osmose et la diffusion.

Il n'y a point à faire ici de correction aux nombres qui expriment l'osmose; le sulfate de magnésie, en se dissolvant dans l'eau, n'augmente pas, en effet, d'une manière sensible le volume de cette dernière. On peut donc comparer immédiatement les nombres de la colonne IV à ceux de la colonne III. On trouvera ainsi, pour la première série d'expériences :

Solut. à 2 p. 100.	1 partie de sel est rempl. par	5,16 parties d'eau
» 5 »	1	»	5,74	»
» 10 »	1	»	6,01	»
» 20 »	1	»	6,57	»

Prenant la moyenne de tous les résultats, on arrive à dire qu'une partie de sulfate de magnésie est remplacée par 5,87 parties d'eau.

Pour la seconde série (même tableau) :

Solut. à 2 p. 100.	1 partie de sel est rempl. par		5,33 parties d'eau.	
» 5 »	1	»	5,09	»
» 10 »	1	»	6,32	»

La moyenne donne 5,85 parties d'eau, pour remplacer 1 partie de sel.

L'absence d'un rapport parfaitement constant entre l'osmose et la diffusion semble prouver, jusqu'à un certain point, que l'osmose du sulfate de magnésie dans les appareils à membranes n'est pas uniquement un phénomène de diffusion.

Mais, d'autre part, la proportionnalité approchée qui se manifeste entre ces quantités, est favorable à l'idée de l'existence d'une relation numérique entre l'osmose et la diffusion. L'analogie de grandeur entre l'osmose du sucre et celle du sulfate de magnésie qui ressort des tableaux

précédents, et l'analogie entre les degrés de diffusibilité de ces deux sels que mes expériences antérieures (1) ont manifestée, semblent encore appuyer cette dernière manière de voir.

Ces faits rendent très-probable le rôle que joue la diffusion dans les phénomènes de l'osmose des substances neutres, bien qu'ils n'en démontrent point la réalité avec une complète certitude. L'influence de la diffusion est plus difficile à apprécier sur trois autres sels neutres dont je vais parler maintenant. Ici commencent à intervenir certaines forces chimiques qui plus tard, lorsqu'il s'agira de sels d'une neutralité moins parfaite, gouverneront presque à elles seules les phénomènes.

Chlorure de sodium. — L'osmose de ce sel présente de l'intérêt, indépendamment des considérations théoriques précédentes.

TABLEAU N° VII.

Chlorure de sodium. Osmomètre C à double membrane.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
CHLORURE dans 100 parties d'eau.	ASCENSION en millimètres.	OSMOSE exprimée en grammes.	SEL diffusé.	DURÉE de la macération.	RÉSISTANCE de la membrane à l'écoulement	TEMPÉRATURE. (Degrés centigrad.)
0,25	12	0,552	"	2 jours.	16 min.	17°
0,25	8	0,368	0,068	1	16	17
1	3	0,138	0,230	1	6	19
1	13	0,598	0,242	1	8	19
2	11	0,506	0,506	1	6	19
2	16	0,736	0,511	1	3	21
5	46	2,34	1,513	2	3	22
5	51	2,30	1,468	1	2	21
10	78	3,496	2,934	1	15	19
10	82	3,60	2,648	1	2	19
20	165	7,36	6,645	1	2	19
20	167	7,452	6,190	1	2	19

(1) *Philosophical Transactions*, 1850, page 10.

Le chlorure de sodium se diffuse de ses solutions étendues, environ deux fois aussi vite que le sulfate de magnésie, et, de ses solutions concentrées, bien plus rapidement encore. Le rapport entre l'osmose et le titre correspondant est à peu près constant; toutefois, pour les solutions faibles, il est un peu inférieur à sa valeur moyenne, et un peu supérieur pour les solutions concentrées. En opérant sur une membrane simple, on a trouvé, pour la solution à 10 p. 100, des nombres très-considérables.

TABLEAU N° VIII.

Chlorure de sodium. Osmomètre H à membrane simple.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
CHLORURE dans 100 parties d'eau.	ASCENSION en millimètres.	OSMOSE exprimée en grammes.	SEL diffusé.	DURÉE de la macération.	RÉSISTANCE de la membrane à l'écoulement	TEMPÉRATURE. (Degrés centigrad.)
2	21	1,04	0,917	1 jour.	16 min.	19°
2	24	1,20	0,955	1	16	20
10	272	13,28	6,502	1	16	20
10	311	15,68	7,850	1	12	20

Le tableau suivant donne les résultats d'une autre série d'expériences faites sur une membrane simple; celle-ci offrait une bien moindre résistance que la précédente.

TABLEAU N° IX.

Chlorure de sodium. Osmomètre I à membrane simple.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
CHLORURE dans 100 parties d'eau.	ASCENSION en millimètres.	OSMOSE exprimée en grammes.	SEL diffusé.	DURÉE de la macération.	RÉSISTANCE de la membrane à l'écoulement	TEMPÉRATURE. (Degrés centigrad.)
10	198	8,692	3,968	3 jours.	2,5 min.	20°
10	194	8,528	5,297	1	2,5	20

Enfin je réunis dans un autre Tableau les nombres trouvés en opérant sur le même sel et dans un osmomètre à diaphragme d'albumine. La proportionnalité entre le poids du sel diffusé et le titre de la solution, se maintient encore d'une manière très-satisfaisante.

TABLEAU N° X.

Chlorure de sodium. Osmomètre K à calicot albuminé.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
CHLORURE dans 100 parties d'eau.	ASCENSION en millimètres.	OSMOSE exprimée en grammes.	SEL diffusé.	DURÉE de la macération.	RÉSISTANCE de la membrane à l'écoulement	TEMPÉRATURE. (Degrés centigrad.)
1	16	"	0,141	4 jours.	8 min.	18
1	27	"	0,219	1	8	17
4	39	"	"	1	2	16
4	34	"	0,625	3	2	13
10	43	"	1,580	1	3	15
10	61	"	1,615	1	3	16
10	72	"	1,597	1	3	16
1	27	"	0,153	1	2,5	17
1	22	"	0,141	2	4	17
0,1	27	"	0,016	1	2,5	17
0,1	29	"	0,018	1	4	18

Chlorure de barium. — Son pouvoir diffusif le rapproche du chlorure de sodium. Le Tableau suivant mettra en évidence l'analogie des deux sels au point de vue de l'osmose.

TABLEAU N° XI.

Chlorure de barium. Osmomètre L à double membrane.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
CHLORURE dans 100 parties d'eau.	ASCENSION en millimètres.	OSMOSE exprimée en grammes.	SEL diffusé.	DURÉE de la macération.	RÉSISTANCE de la membrane à l'écoulement	TEMPÉRATURE. (Degrés centigrad.)
2	35	1,476	"	2 jours.	10 min.	22
2	45	1,886	0,675	1	10	21
5	94	3,936	1,706	1	8	19
5	111	4,674	1,640	1	6	19
5	74	3,116	1,203	1	10	19
10	154	6,478	4,491	1	10	19
10	133	5,576	3,395	10	16	18
10	136	5,74	2,929	1	4	18
20	267	11,214	6,860	1	8	20
20	283	11,79	7,030	1	8	18
1	60	2,542	0,275	1	8	18
1	74	3,116	0,230	1	8	18
5	74	3,116	0,602	2	8	19
5	74	3,116	1,587	1	8	19
10	152	6,396	3,795	2	8	19
10	154	6,478	4,040	1	8	21
20	337	14,186	"	1	8	21
20	320	13,448	8,130	1	8	21

Chlorure de calcium. — Il résulte de mes premières expériences (1) que son pouvoir diffusif (observé sur des solutions contenues dans des vases ouverts à la partie inférieure) est moindre que celui du chlorure de barium dans le rapport de 6,5 à 7,5. Au contraire, il semble résulter des nombres suivants que le chlorure de calcium se diffuse plus rapidement à travers une membrane que le chlorure de barium. L'osmose tend aussi à croître suivant une progression plus rapide que le titre, notamment pour les solu-

(1) *Philosophical Transactions*, 1850, pages 817 et 819.

tions concentrées. Le sel diffusé est fréquemment remplacé par un poids d'eau supérieur au double de son propre poids.

TABLEAU N° XII.

Chlorure de calcium. Osmomètre M à double membrane.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
CHLORURE dans 100 parties d'eau.	ASCENSION en millimètres.	OSMOSE exprimée en grammes.	SEL diffusé.	DURÉE de la macération.	RÉSISTANCE de la membrane à l'écoulement	TEMPÉRATURE. (Degrés centigrad.)
2	6	0,258	"	2 jours.	8 min.	22°
2	6	0,258	0,795	1	8	21
5	45	1,935	2,29	1	8	19
5	60	2,64	1,83	1	3	19
5	51	2,24	2,636	1	8	19
10	228	9,92	4,256	1	8	19
10	188	8,24	3,607	10	12	18
10	176	7,76	3,11	1	6	18
20	389	17,2	6,075	1	3	20
20	398	17,6	"	1	3	18
2	24	1,04	0,668	1	4	18
2	27	1,2	0,625	1	4	18
5	81	3,6	1,512	2	5	19
5	83	3,68	1,467	1	5	19
10	185	8,16	3,158	2	5	19
10	181	8,00	3,317	1	5	21
20	406	18,00	6,695	1	5	21
20	416	18,4	6,9,2	1	5	21

Ces trois chlorures, deux fois plus diffusibles environ que le sucre et le sulfate de magnésie, s'ils suivent les mêmes lois que ces derniers, doivent être remplacés dans l'osmomètre par un poids double d'eau; malgré bon nombre d'irrégularités, les tableaux précédents font cependant ressortir cette relation d'une manière approchée.

Je passe maintenant à l'étude des sels dont l'osmose paraît dépendre de leurs propriétés chimiques et surpasser

de beaucoup l'osmose due à la seule diffusion. Je classerai ces sels d'après leur base.

Sels à base de potasse ou de soude.

Hydrate de potasse. — Cet alcali, employé à l'état caustique, paraît déterminer une osmose des plus considérables; mais pour éviter la destruction rapide de la membrane, il convient de ne faire usage que de solutions très-étendues. On a obtenu, dans un osmomètre à double membrane, en opérant sur une solution à 0,01 pour 100, osmose de 81 millimètres; puis, dans une autre expérience, osmose de 58 millimètres. Sur une solution à 0,04 pour 100, osmose de 49 millimètres, puis de 67 millimètres. Ce sont les nombres les plus forts qu'on ait observés.

Quand on porte la quantité d'alcali dissous jusqu'à 0,5 pour 100, l'osmose diminue jusqu'à 22 et 26 millimètres. Pour une solution à 1 pour 100, elle n'est plus que de 13 millimètres. Dans ces expériences, la perméabilité mécanique de la membrane s'était beaucoup accrue; il tombait de l'osmomètre au moins une goutte d'eau par minute.

Après la dernière expérience, il tombait neuf gouttes par minute; la membrane était entièrement désorganisée.

On a opéré de même sur un osmomètre à calicot albuminé; les résultats ont été semblables aux précédents. Pour la solution à 0,01 pour 100, osmose de 76 et 58 millimètres; pour la solution à 0,025 pour 100, osmose de 87 et 126 millimètres; pour la solution à 0,5 pour 100, osmose de 15 et 12 millimètres; enfin pour la solution à 1 pour 100, osmose de 10 millimètres. Avant et après la dernière expérience, il tombait de l'osmomètre une goutte d'eau par minute; dans l'intervalle des deux expériences sur la solution à 0,05 pour 100, une goutte en trois minutes; dans l'intervalle de celles qui ont été faites sur la solution à 0,025 pour 100, une goutte en deux minutes et demie; enfin avant la première des expériences sur la solution à 0,01

pour 100, une goutte en dix minutes, et avant la deuxième, une goutte en cinq minutes. La présence de l'alcali dans le liquide extérieur a été accusée par les papiers réactifs dans l'appareil où l'on opérait sur la solution à 0,025 pour 100, avant qu'elle devînt sensible dans les autres. La température, pendant les deux séries d'expériences, était comprise entre 14 et 17 degrés centigrades.

Carbonate de potasse. — L'osmose considérable que provoque cette substance a souvent été citée comme un exemple de l'influence des sels alcalins. On pourra comparer les résultats suivants, et en particulier les nombres qui expriment des quantités de sel diffusé, avec ceux des expériences effectuées sur les solutions neutres. On pourra d'ailleurs apprécier, par l'examen comparatif des tableaux XIII et XIV, les différences des nombres obtenus en opérant sur une membrane unique et sur deux membranes superposées.

TABLEAU N° XIII.

Carbonate de potasse. Osmomètre B à membrane simple.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
CARBONATE dans 100 parties d'eau.	ASCENSION en millimètres.	OSMOSE exprimée en grammes.	SEL diffusé.	DURÉE de la macération.	RÉSISTANCE de la membrane à l'écoulement	TEMPÉRATURE. (Degrés centigrad.)
2	635	28,576	0,514	1 jour.	20 min.	19°
2	695	31,236	0,548	1	20	20
10	892	40,128	2,897	1	16	20
10	900	40,508	3,450	1	16	20

On renouvelle le liquide extérieur trois heures après l'installation de chaque expérience, afin d'empêcher que le sel qui a déjà traversé la membrane puisse s'opposer au progrès de la diffusion. La même observation est applicable aux expériences du tableau XIV.

TABLEAU N° XIV.

Carbonate de potasse. Osmomètre D à double membrane.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
CARBONATE dans 100 parties d'eau.	ASCENSION en millimètres.	OSMOSE exprimée en grammes.	SEL diffusé.	DURÉE de la macération.	RÉSISTANCE de la membrane à l'écoulement	TEMPÉRATURE (Degrés centigrad.)
2	449	21,883	0,324	1 jour.	16 min.	19°
2	484	23,621	0,400	1	16	20
10	619	30,178	2,764	1	16	20
10	595	28,993	3,150	1	12	20

On voit que l'osmose moyenne, pour la solution à 2 pour 100, est réduite de 665 à 466 millimètres par l'emploi d'une seconde membrane. Diminution semblable de 895 à 607 millimètres, ou d'un tiers environ, s'observe pour la solution à 10 pour 100.

L'addition d'une seconde membrane influe bien moins sur la quantité de sel diffusé; pour les solutions à 10 pour 100, les nombres moyens $2^{gr},966$ et $2^{gr},957$ obtenus respectivement avec une et avec deux membranes, peuvent, en effet, être regardés comme égaux; pour les solutions à 2 pour 100, les résultats moyens diffèrent davantage ($0^{gr},531$ et $0^{gr},362$). On remarquera que la diffusion du carbonate de potasse à travers une membrane est sensiblement la même que celle du chlorure de sodium; on sait d'ailleurs que la même égalité se maintient lorsque les solutions des deux sels ne sont séparées de l'eau pure par aucune cloison poreuse. Il semble ici que la puissance de l'osmose, c'est-à-dire du courant dirigé de dehors en dedans, doive tendre à ralentir la diffusion en refoulant le sel dans l'intérieur de l'osmomètre; toutefois, ni cette circonstance ni aucune autre analogue ne paraissent avoir influé sur la diffusion du liquide à 10 pour 100. Quoi qu'il en soit, la

diffusibilité du carbone de potasse est toujours faible. Dans l'expérience exécutée sur une solution à 1 pour 100, il y a eu $0^{gr},195$ de sel diffusé; dans les autres expériences, diffusion toujours faible, mais remarquablement uniforme, à savoir $0^{gr},018$ pour la solution à 0,1 pour 100; $0^{gr},92$ pour celle à 0,5 pour 100, et $0^{gr},195$ pour celle à 1 pour 100.

Toutes les déterminations précédentes ont été effectuées par les procédés alcalimétriques. Chaque fois que, dans les suivantes, on a dosé la potasse à l'état de sulfate, on a toujours trouvé des résultats sensiblement plus forts. Il en faut conclure que dans toutes ces expériences le carbonate de potasse exerce une action chimique sur la membrane, et qu'une portion s'en diffuse à l'extérieur sous la forme de sel neutre aux réactifs colorés. Par exemple, dans cinq expériences exécutées successivement sur la solution à 1 pour 100, on a trouvé, par les méthodes alcalimétriques, respectivement

$0^{gr},208$, $0^{gr},254$, $0^{gr},264$, $0^{gr},215$, $0^{gr},189$

de carbonate diffusé; par l'analyse directe on a obtenu, pour les quatre dernières expériences,

$0^{gr},318$, $0^{gr},353$, $0^{gr},287$, $0^{gr},242$.

D'où résulte que les quantités correspondantes du carbonate transformé en sel neutre étaient respectivement

$0^{gr},064$, $0^{gr},089$, $0^{gr},072$, $0^{gr},053$.

Les nombres obtenus par l'analyse directe se rapprochent beaucoup trop de ceux que donnent les solutions de chlorure de sodium au même titre, pour qu'on puisse admettre que la membrane soit le siége d'une force qui s'opposerait à la diffusion du carbonate de potasse plus qu'à celle du chlorure de sodium. Une semblable hypothèse eût paru admissible si l'on n'avait eu égard qu'aux nombres résultant des déterminations alcalimétriques.

Dans les expériences que je vais maintenant rapporter, je me suis proposé d'élucider trois points qui m'ont paru dignes d'intérêt : 1° rechercher quelle est l'influence de l'air dissous dans les solutions de carbonate de potasse; 2° étudier comment diminuent les propriétés osmotiques d'une membrane soumise un grand nombre de fois à la même expérience; 3° comparer l'osmose des carbonates et phosphates alcalins. L'importance de ces questions servira d'excuse à la longueur des détails dans lesquels j'entrerai.

TABLEAU N° XV.

Sels divers. Osmomètre L à double membrane.

SUBSTANCES DISSOUTES.	ASCENSION en millimètres.	TEMPÉRATURE.
Carbonate de potasse, 1 pour 100	439	17°
Id. privé d'air par l'ébullition	376	18
Id. privé d'air par l'ébullition	356	18
Id. non bouilli	325	17
Id. non bouilli	268	13
Phosphate de soude ($2NaO, HO, PO^5$), 1 p. 100	176	13
Id. 1 p. 100	194	14
Id. 0,1 p. 100	196	13
Id. 0,1 p. 100	190	14
Carbonate de potasse, 0,1 pour 100	176	14
Id. 0,1 pour 100	227	18
Id. 1 pour 100	298	14
Id. 1 pour 100	335	18
Id. 1 pour 100	312	17

On remarquera que l'osmose la plus forte a été trouvée dans la première expérience (439 millimètres); qu'ensuite elle décroît avec assez de régularité jusqu'à la cinquième (268 millimètres). La loi de ce décroissement ne paraît nullement être modifiée par l'expulsion de l'air dissous, dans la seconde et la troisième expérience. Il semble donc que la présence de l'oxygène libre dans la solution n'exerce aucune influence sur le phénomène de l'osmose. J'ai d'ailleurs eu

soin de faire l'expérience inverse ; le liquide extérieur ayant été privé d'air par l'ébullition, rien non plus n'a paru changé dans les résultats. Je rappellerai d'ailleurs encore qu'en ajoutant à une dissolution d'acide oxalique une certaine quantité d'acide sulfureux, lequel doit tendre évidemment à neutraliser toute action de la part de l'oxygène, j'ai obtenu les mêmes résultats qu'avec une solution d'acide oxalique non chargée d'acide sulfureux.

Si l'on remplace la dissolution (à 1 pour 100) de carbonate de potasse par une dissolution (également à 1 pour 100) de phosphate de la même base, l'osmose décroît brusquement de 268 à 176 millimètres. Dans une seconde expérience sur le phosphate, elle s'élève un peu (194 millimètres). Opérant ensuite sur une solution à 0,1 pour 100, j'ai trouvé encore des nombres très-élevés, savoir 196 et 190 millimètres. Revenant enfin au carbonate de potasse, j'ai vu l'osmose augmenter graduellement et atteindre de nouveau 335 millimètres pour la solution à 1 pour 100.

De ces expériences répétées on peut conclure que, quelle que soit l'action chimique exercée sur la membrane, et par laquelle l'osmose se trouve considérablement activée, cette action paraît se prolonger pendant un temps assez long.

On peut ajouter aussi que les solutions très-étendues de carbonate de potasse, celles qui renferment moins de 0,1 pour 100 de sel dissous, ne déterminent qu'une osmose des plus faibles. Dans trois expériences successives faites dans un osmomètre à double membrane, sur une solution à 0,01 pour 100, on n'a trouvé que 19,23 et 17 millimètres d'ascension. Il paraît donc que l'action osmotique des solutions très-faibles de carbonate de potasse est inférieure à celle des solutions très-faibles d'hydrate de la même base.

Il semble ressortir des résultats précédents que l'influence d'un sel se prolonge quelquefois après qu'on a retiré ce sel de l'osmomètre, c'est-à-dire pendant les expériences effectuées sur la même membrane avec des dissolutions de sels

différents ou avec des dissolutions différemment concentrées du même sel. Si le fait est dû à la fixation de particules salines dans l'épaisseur même de la membrane, ces particules déposées se laisseront difficilement enlever par des lavages. Il serait possible que la matière dont se compose la membrane exercât une attraction sur les substances douées d'un pouvoir osmotique considérable, et pût ainsi en enlever quelques particules à la solution. Toutefois, si, après avoir détaché la membrane de l'osmomètre, on la lave légèrement et qu'on l'incinère, on ne trouve dans les cendres que des traces extrêmement faibles, quelquefois même nulles, du sel sur lequel on a opéré en dernier lieu.

Phosphate et carbonate de soude. — Pour le carbonate de soude, résultats tout à fait semblables à ceux que donne le carbonate de potasse. Le tableau suivant rapporte un grand nombre d'expériences effectuées sur le phosphate de soude, le carbonate de soude et le sérum du sang de bœuf.

TABLEAU N° XVI. — *Sels divers. Osmomètre F à double membrane.*

SUBSTANCES DISSOUTES.	ASCENSION en millimètres.	TEMPÉRATURE.
Phosphate de soude, 1 pour 100..........	382	17°
Id. 1 pour 100..........	311	13
Id. 0,1 pour 100..........	205	13
Id. 0,1 pour 100..........	218	14
Carbonate de soude, 0,1 pour 100..........	294	13
Id. 0,1 pour 100..........	254	14
Id. 0,01 pour 100..........	50	14
Id. 0,01 pour 100..........	39	18
Id. 1 pour 100..........	306	14
Id. 1 pour 100..........	337	18
Phosphate de soude, 1 pour 100..........	1 ,3	17
Id. 1 pour 100..........	186	16
Sérum du sang de bœuf, non dilué..........	39	15
Id. non dilué..........	34	16
Id. additionné d'un égal vol. d'eau.	31	16

On est frappé du faible pouvoir osmotique du sérum, quand on songe à la réaction alcaline de ce liquide. Cette faiblesse est due, je crois, à la présence du chlorure de sodium. Ce dernier jouit, en effet, au plus haut point de la propriété de ralentir l'osmose des sels alcalins ; je m'en suis assuré dans une foule de circonstances ; toutefois je me bornerai, pour la faire ressortir, de rassembler dans le tableau suivant une série d'expériences faites avec un osmomètre à diaphragme albuminé.

Tableau N° XVII. — *Sels divers. Osmomètre N à calicot albuminé.*

SUBSTANCES DISSOUTES.	ASCENSION en millimètres.	SEL DIFFUSÉ par analyse.	SEL DIFFUSÉ par méthode alcalimétriq.	DURÉE de la macération.	RÉSISTANCE à l'écoulement	TEMPÉRATURE.
Carbonate de soude, 1 pour 100	139	gr 0,157	gr 0,092	1 jour.	3 minutes.	14°
Id. 1 pour 100	150	0,156	0,106	1	6	15
Id. 2 pour 100	141	"	0,242	1	6	18
Id. 4 pour 100	143	0,570	"	1	8	17
Id. 10 pour 100	204	1,562	1,450	1	12	16
Id. 10 pour 100	163	1,432	1,340	3	6	13
Id. 1 pour 100	138	0,216	0,147	1	6	15
Id. 1 pour 100	136	0,198	0,156	1	3	16
Id. 0,1 pour 100	188	"	0,005	1	10	16
Id. 0,1 pour 100	179	"	"	1	6	17
Carbonate de soude à 0,1 + chlorure de sod. à 1 p. 100	32	"	"	2	6	17
Id. + Id.	36	"	"	1	6	17
Chlorure de sodium, 1 pour 100	25	0,384	"	1	6	18
Id. 1 pour 100	18	0,325	"	1	3	18
Carbonate à 1 pour 100 + chlorure à 1 pour 100	69	"	"	1	5	17
Id. + Id.	56	"	"	3	8	13
Carbonate de soude, 1 pour 100	157	0,190	0,164	1	6	13
Id. 1 pour 100	163	0,212	0,185	1	4	14
Id. 0,1 pour 100	152	"	"	1	20	13
Id. 0,1 pour 100	152	"	"	1	20	14

L'addition de 1 pour 100 de chlorure de sodium réduit l'osmose d'une solution à 0,1 pour 100 de carbonate de soude de 179 à 32 millimètres. En opérant sur une dissolution renfermant 1 pour 100 de carbonate et autant de chlorure, j'ai trouvé 56 millimètres; immédiatement après, une solution de 1 pour 100 de carbonate pur a donné 157 millimètres. Les résultats fournis par les mélanges de chlorure et de carbonate sont de l'ordre de ceux que donnent les solutions de chlorure pur; dans la même série d'expériences, j'ai trouvé pour ce dernier sel employé seul, 18 et 25 millimètres.

La présence du chlorure de sodium dans le liquide extérieur à l'osmomètre paraît également entraver l'osmose.

Voici, à ce sujet, quelques résultats obtenus avec un appareil à membrane de vessie non disséquée; on y verra d'ailleurs que le chlorure de sodium ne s'oppose pas à l'osmose de l'alcool et du sucre.

TABLEAU N° XVIII.

Sels divers. Osmomètre P à vessie de bœuf.

SUBSTANCES DISSOUTES.	ASCENSION en millimètres.
Carbonate de potasse à 0,25 pour 100	76
Id. Id.	96
Carb de pot. à 1 p. 100; dans le vase extér., alcool à 1 p. 100	108
Id. Id. sucre à 1 pour 100	104
Id. Id. chlorure de sod. à 1	18
Id. Id. eau pure	114
Id. Id. chlorure de sod. à 1	18
Carbonate de pot. à 1 p. 100 + chlorure de sodium à 1 p. 100.	
A l'extérieur, eau pure	64
Carbonate de potasse à 1 p. 100; à l'extérieur, eau pure	134
Id. Id	114

Un autre sel neutre, le sulfate de potasse, se comporte au contraire d'une façon tout opposée : il entretient et

active l'osmose des carbonates alcalins. Des résultats aussi contradictoires montrent parfaitement combien encore nous sommes loin de nous faire une idée nette de toutes les forces qui sont en jeu durant l'osmose à travers les cloisons membraneuses. Le chlorure de sodium, si indifférent par lui-même, additionné d'une très-faible quantité d'acide chlorhydrique (0,1 pour 100 par exemple), détermine un accroissement d'osmose quelquefois très-considérable. C'est là encore une propriété singulière de cette substance.

L'action osmotique du diaphragme albuminé du tableau XVII est en général médiocrement élevée, mais elle se fait remarquer par sa constance. Les nombres trouvés en opérant sur la solution de 0,1 pour 100 sont très-considérables. J'ai souvent remarqué dans mes expériences que l'osmose des dissolutions étendues de sels actifs était plus favorisée par l'emploi de diaphragmes albuminés que par l'emploi de cloisons membraneuses. N'en pourrait-on pas conclure que les lames d'albumine subissent des altérations chimiques plus profondes que les membranes?

Si l'on prend la moyenne des quantités du carbonate de soude et de chlorure de sodium diffusés dans les expériences de la seconde moitié du même tableau, on trouve 0,354 de chlore pour 0,201 de carbonate, nombres qui sont dans le rapport de 1 à 0,568. En opérant sur les mêmes sels, contenus dans des vases ouverts, sans diaphragmes, j'avais trouvé le rapport de 1 à 0,7. La diffusion du carbonate de soude paraît donc être plutôt retardée qu'accélérée par la présence de la cloison.

Ici encore on observe qu'une portion du sel alcalin est neutralisée pendant l'osmose. Toutefois, cette portion diminue d'une expérience à l'autre (pour la solution à 1 pour 100). Pour deux expériences, consignées en tête du tableau, elle était de $0^{gr},065$ et $0^{gr},050$; plus loin, de $0^{gr},069$ et $0^{gr},042$; plus loin encore, de $0^{gr},026$ et $0^{gr},027$. Pour la solution à 10 pour 100, le poids du carbonate

neutralisé s'est trouvé de $0^{gr},110$ et $0^{gr},092$; c'est donc moins que le double du poids trouvé pour la solution à 1 pour 100.

Sulfate de potasse et de soude. — J'ai fait de fréquentes expériences sur le sulfate de potasse, au début de ce travail, dans le but d'arriver à saisir la nature de la force osmotique. Mais ce sel ne convient pas pour cet objet; son action sur l'osmomètre est des plus complexes. En opérant sur une membrane de vessie épaisse, avec une solution à 1 pour 100 de sulfate de potasse, j'ai en général trouvé une osmose considérable, s'élevant à la moitié environ de celle du carbonate de potasse placé dans les mêmes circonstances. Toutefois l'osmose du sulfate avait une tendance particulière à s'accroître d'une expérience à l'autre. Elle augmentait du simple au double quand on laissait macérer la membrane pendant quelque temps au sein de la solution, avant de la mettre en expérience; les principes solubles de la membrane exerçaient évidemment ici une influence considérable.

Lorsqu'on écartait la tunique musculaire de la vessie, l'osmose du sulfate diminuait beaucoup; on se rappelle qu'en pareil cas, celle du carbonate de potasse augmentait au contraire.

Avec la membrane disséquée, le sulfate de potasse donnait, comme le chlorure de sodium, une osmose médiocre. Toutefois, pour obtenir ce résultat, il faut que le sel soit parfaitement neutre aux papiers, et que la membrane soit parfaitement débarrassée de toute matière solide étrangère. Avec une membrane double, une solution à 1 pour 100 de sulfate parfaitement neutre a donné 21 et 20 millimètres; en ajoutant 0,01 pour 100 de carbonate de potasse, de manière à rendre la solution faiblement alcaline, on a trouvé 101 et 167 millimètres, nombres beaucoup plus grands que ceux qu'on aurait observés avec une solution à 0,01 pour 100 de carbonate de potasse, et sur la même membrane (19, 23

et 17 millimètres). L'influence de l'alcali persiste très-longtemps; une membrane qu'on avait fait macérer dans l'eau pure pendant une nuit entière, a donné encore 65 millimètres d'ascension avec la solution à 1 pour 100 de sulfate de potasse pur.

La puissance osmotique du sulfate de soude s'accroît aussi par l'addition d'une trace de carbonate alcalin; ce sel se comporte d'ailleurs comme le sulfate de potasse, soit en présence des diaphragmes albuminés, soit en présence des cloisons membraneuses. L'influence du carbonate ajouté étant éminemment propre à nous instruire sur la nature des actions chimiques qui s'accomplissent pendant l'osmose, je rapporterai encore les expériences suivantes effectuées sur un double diaphragme albuminé, possédant une résistance assez considérable.

TABLEAU N° XIX.

Sels divers. Osmomètre Q à calicot albuminé.

SUBSTANCES DISSOUTES.	ASCENSION en millimètres	TEMPÉRATURE.
Sulfate de potasse, 1 pour 100	18	12°
Id. 1 pour 100	21	14
Sulf. de pot., 1 p. 100 + Carb. de pot., 0,01 p. 100.	139	17
Id. + Id.	81	13
Id. + Id.	73	16
Id. + Carb. de pot., 0,1 p. 100.	254	16
Id. + Id.	263	15
Carbonate de potasse, 0,1 pour 100, seul	92	14
Id. Id. Id.	95	14
Sulf. de soude, 1 p. 100 + Carb. de pot., 0,1 p. 100.	257	17
Id. + Id.	237	12
Id. + Carb. de soude, 0,1 p. 100.	299	12
Carbonate de soude, 0,1 pour 100 seul	90	14
Id. Id. Id.	127	14

Les deux carbonates alcalins paraissent exercer sensiblement la même influence sur l'osmose des deux sulfates. La

cause première de cette osmose si considérable, semble être l'action que les carbonates exercent sur la membrane, action qui est en quelque sorte augmentée par la présence du sulfate de potasse, comme elle est retardée par celle du chlorure de sodium.

D'autre part les sulfates employés seuls donnent une osmose faible; additionnés d'une trace d'un acide énergique, ils donnent une osmose négative. Par exemple, une solution de sulfate de potasse à 1 pour 100, additionnée de 0,01 pour 100 d'acide chlorhydrique, a donné dans une première expérience 8 millimètres, dans une seconde — 5 millimètres.

Dans une autre expérience, en opérant sur une dissolution de sulfate de potasse parfaitement cristallisé, on a obtenu une osmose négative plus considérable encore (— 28 millimètres). En ajoutant quelques gouttes de tournesol, on a trouvé que la liqueur possédait une réaction acide. L'addition de 0,01 pour 100 de carbonate de potasse ayant suffi pour lui communiquer une réaction alcaline, l'osmose s'éleva aussitôt à + 54 millimètres.

Dans une autre expérience, je fis macérer pendant deux jours une membrane fraîche dans de l'eau contenant 0,1 pour 100 d'acide chlorhydrique, puis, après l'avoir appliquée sur l'osmomètre, je la lavai à l'eau distillée, jusqu'à ce que toute réaction acide eût disparu. Elle donna, avec une dissolution à 1 pour 100 de sulfate neutre de potasse, 17, 42, 35 et 62 millimètres d'ascension; après cela, avec une dissolution (au même titre) de sulfate de soude, 39, 25, 25 millimètres; enfin, avec une dissolution à 1 pour 100 de sulfate de zinc anhydre, 14 et 21 millimètres. Ces derniers résultats présentent des irrégularités qui dépendent sans doute de circonstances accidentelles. On a déterminé avec soin les quantités de sels diffusés, premièrement après avoir évaporé et desséché à 100 degrés, puis ensuite après avoir fondu la matière. Les différences observées entre les deux pesées

sont dues aux matières organiques solubles enlevées à la membrane; elles donnent une évaluation approchée, sans doute un peu trop forte, du poids de ces matières.

Matière diffusée.

		gr		gr
1.	Sulfate de potasse.	0,328		
2.	»	0,362	matière organique.	0,019
3.	»	0,351	»	0,031
4.	»	0,366	»	0,025
5.	Sulfate de soude..	0,356	»	0,011
6.	»	0,339	»	0,019
7.	»	0,334	»	0,009
8.	Sulfate de zinc ...	0,239		
9.	»	0,260		

Les quantités des deux sulfates qui se diffusent sont remarquablement constantes; le sulfate de soude se diffuse un peu moins que celui de potasse, mais la différence est moins grande que lorsqu'on opère dans des vases ouverts. Le sulfate de zinc se diffuse moins que les précédents; mais les nombres obtenus pour ce sel sont sans doute trop grands, car d'après les expériences en vases ouverts la diffusion du sulfate de zinc doit à peine surpasser la moitié de celle du sulfate de potasse. Le poids de la matière organique dissoute diminue d'une expérience à l'autre, sans portant devenir nul, on ne l'a pas déterminé pour les deux dernières. Le diamètre du diaphragme membraneux était de 123 millimètres, son poids de 0gr,559 (séché à l'air).

Oxalate de potasse, chromate et bichromate de potasse. — La seule propriété chimique du sulfate de potasse qui semble en rapport avec l'osmose positive de ses dissolutions, est la nature bibasique de son acide. Le caractère alcalin détermine une osmose positive, et ce caractère semble distinctif des sels polybasiques. Le phosphate tribasique ordinaire de soude a une réaction fortement alcaline aux papiers; le pyrophosphate bibasique possède la même pro-

priété à un degré bien plus élevé encore. Les sulfates de potasse et de soude, bien que parfaitement saturés, peuvent être regardés jusqu'à un certain point comme alcalins, à cause de la facilité avec laquelle on peut enlever leur deuxième équivalent de base, et le remplacer par un équivalent d'eau, ainsi qu'on le peut pour tous les sels bibasiques. Dans les sels monobasiques, au contraire, il y a tendance au caractère acide. Ainsi, bien que le chlorure de potassium et le nitrate de potasse paraissent aussi neutres aux papiers que le sulfate de potasse, cependant les chlorures et nitrates magnésiens paraissent avoir des aptitudes plus franchement acides que les sulfates correspondants. Il est donc possible, d'après cette manière de voir, que la faible osmose du chlorure de sodium et la propriété que possède ce sel de diminuer l'osmose positive du carbonate de potasse soient des manifestations de son caractère acide. Les nombres antérieurement rapportés pour l'osmose des chlorures de sodium, de barium et de calcium, paraissent être les différences entre les effets dus à la diffusion et ceux qui proviendraient de l'osmose chimique négative qui caractérise ces sels.

La constitution polybasique de l'oxalate de potasse est bien démontrée, et son osmose positive est considérable, ainsi qu'on peut le voir par le tableau suivant, bien que la dissolution employée fût parfaitement neutre aux papiers.

L'oxalate de potasse, pas plus que le sulfate, ne diminue la forte osmose positive des carbonates alcalins.

Le chromate de potasse, bien que soigneusement purifié par cristallisation, présente toujours une légère réaction alcaline. Pour cette raison, on lui a ajouté, dans quelques expériences, de petites quantités de bichromate; cette addition n'a pas diminué d'une manière appréciable l'osmose positive du premier sel. Un chromate neutre présente donc le même caractère de sel bibasique qu'un sulfate.

TABLEAU N° XX.

Oxalate et chromate de potasse. Osmomètre F à double membrane.

SOLUTIONS RENFERMANT :	ASCENSION en millimètr.	SEL diffusé.	DURÉE de la macération	RÉSISTANCE à l'écoulement.	TEMPÉRATURE.
Oxalate, 1 pour 100.....	164	"	1 jour.	11 min.	18°
Id................	153	"	1	10	18
Oxalate, 0,1 pour 100...	92	"	1	5	17
Id................	90	"	2	6	16
Oxalate, 1 p. 100 + carb. de potasse, 0,1 p. 100..	262	"	8	5	13
Id................	337	"	1	5	16
Carb. de pot., 0,1 p. 100.	322	"	1	3	17
Id................	273	"	1	3	20
Oxalate, 1 p. 100; carbonate, 0,1 pour 100....	294	"	1	3	17
Id................	246	"	2	3	13
Bichrom. de pot., 1 p. 100	24	0,253	1	3	12
Id................	19	0,318	2	1	13
Chromate de pot., 1 p. 100.	109	0,326	1	1	17
Id................	106	0,307	1	1	14
Chromate, 1 p. 100 + bichromate, 0,1 p. 100..	91	0,298	2	1	14
Id................	79	0,281	1	1	16

Les ascensions moyennes des solutions à 1 pour 100 (les sels employés étant parfaitement purs), sont : pour le bichromate de potasse $21^{mm},5$, pour le chromate $107^{mm},5$, et pour l'oxalate $158^{mm},5$. Les quantités moyennes de sels diffusés sont : pour le chromate $0^{gr},3165$, pour le bichromate $0^{gr},2855$.

Les mêmes solutions furent étudiées parallèlement dans un osmomètre à diaphragme albuminé.

TABLEAU N° XXI.

Oxalate et chromate de potasse. Osmomètre K à calicot albuminé.

SOLUTIONS RENFERMANT :	ASCENSION en millimètres	SEL diffusé.	DURÉE de la macération	RÉSISTANCE à l'écoulement.	TEMPÉRATURE.
Oxalate, 1 pour 100....	195	gr //	1 jour.	15 min.	18°
Id................	173	//	1	15	18
Oxalate, 0,1 pour 100...	91	//	1	15	17
Id................	100	//	2	20	16
Oxalate, 1 p. 100 + carb. de potasse, 0,1 p. 100.	161	//	8	15	13
Id................	211	//	1	15	16
Carbonate, 0,1 p. 100...	109	//	1	15	17
Id................	120	//	1	15	20
Oxalate, 1 p. 100 + carbonate, 0,1 pour 100..	195	//	1	15	17
Id................	188	//	2	15	13
Bichromate, 1 pour 100.	36	0,244	1	15	12
Id................	34	//	2	10	13
Chromate, 1 pour 100...	129	0,253	1	10	17
Id................	133	0,242	1	10	14
Chromate, 1 p. 100 + bichromate, 0,1 p. 100..	95	0,251	2	10	14
Id................	102	0,320	1	10	16

Les ascensions moyennes des solutions à 1 pour 100 sont ici : pour le bichromate de potasse 35 millimètres, pour le chromate 126 millimètres et pour l'oxalate 184 millimètres; ces nombres surpassent tous un peu ceux des expériences précédentes. Les quantités de sels diffusés sont un peu moindres que précédemment, sans doute parce que le diaphragme albuminé possédait une perméabilité moindre que la membrane : pour le chromate $0^{gr},2475$, et pour le bichromate, $0^{gr},244$.

En vase ouvert, les deux chromates se diffusent à peu près également; les résultats s'approchent beaucoup de ceux que donne le sulfate de potasse. L'oxalate de potasse, en solution très-étendue (0,1 pour 100), donne une osmose très-

considérable, savoir : 91 millimètres dans l'appareil à membrane et 95^{mm},5 dans l'appareil à diaphragme albuminé. C'est là le caractère le plus certain d'un pouvoir osmotique très-considérable. Le bioxalate de potasse et l'acide oxalique libre se font remarquer l'un et l'autre par leur forte osmose négative.

Barium, strontium, calcium, magnésium. — Les sels de ces métaux ne paraissent jamais susceptibles de produire une osmose positive considérable quand leurs dissolutions en contiennent moins de 1 pour 100. Au contraire, quelques-uns des sels de cette classe, notamment les nitrates, manifestent une tendance à donner des résultats négatifs.

L'*hydrate de baryte*, employé en solutions étendues, a donné une osmose positive faible, qui a disparu lorsqu'on a augmenté le degré de concentration; il se rapproche par là de l'hydrate de potasse. Avec un appareil à double membrane, des solutions à 0,1, 0,25, 0,5 pour 100 ont donné respectivement 6, 4, 1 millimètre d'ascension. Avec le diaphragme albuminé, les mêmes solutions ont donné 0, — 8, — 23 et 17 millimètres; la solution à 1 pour 100 a donné 25 millimètres.

L'*hydrate de chaux* présente des caractères analogues. Dans un appareil à double membrane, de l'eau saturée de chaux a donné — 20 et — 1 millimètre; après l'addition de quatre fois son volume d'eau, + 31 et + 18 millimètres. Dans l'osmomètre à diaphragme albuminé, la première solution a donné — 48 et — 30 millimètres; la seconde 0 et + 1 millimètre.

Le *chlorure de strontium*, à 1 pour 100, dans l'appareil à double membrane, a donné 19,27 et 26 millimètres; une solution de *nitrate de baryte* essayée ensuite dans le même osmomètre, 12, 24 et 29 millimètres; enfin une solution de *nitrate de strontiane*, 27 et 21 millimètres.

Nitrate de chaux, avec un appareil à membrane, 19 et 19; *chlorure de calcium* essayé ensuite, 12 et 20 millimè-

tres. Avec un appareil albuminé, le nitrate de chaux a donné 2 et 2 millimètres.

Une solution à 2 pour 100 du même sel, dans un osmomètre à membrane, n'a donné, dans deux expériences successives, que 6 millimètres.

Chlorure de magnésium, avec membrane, — 2 millimètres; avec albumine, + 6; les deux expériences ont été exécutées sur une solution à 1 pour 100. (Chaque fois que nous ne spécifierons pas le titre d'une dissolution employée, il devra être sous-entendu qu'elle renferme 1 pour 100 de sel dissous.)

Nitrate de magnésie, avec membrane, — 24 et — 20 millimètres. Le nitrate et le chlorure précédent avaient été préparés l'un et l'autre en saturant l'acide correspondant par un excès de magnésie. La tendance qu'ont les sels des oxydes magnésiens à déterminer une osmose chimique négative, paraît donc faible pour les sels de barium et de strontium; elle est plus marquée pour les sels de calcium, et devient la plus grande possible pour ceux de magnésium.

Aluminium. — Certains sels d'aluminium présentent une osmose positive comparable par sa grandeur à celle des carbonates alcalins. Cette propriété est caractéristique des sesquioxydes; elle distingue les sels des sesquixoydes de fer, de chrome, d'uranium, d'aluminium.

Sulfate d'alumine. — Le sulfate d'alumine et ses analogues sont, de tous les sels à base de sesquioxyde, ceux dont l'osmose est la plus faible; toutefois leur osmose paraît en général plus grande encore que celle des sulfates magnésiens. Une solution à 1 pour 100 de sulfate d'alumine a donné, dans un appareil à membrane, 57 et 67 millimètres; une solution à 0,1 pour 100, 24 et 31 millimètres.

Les quantités de sel diffusé étaient faibles; dans la seconde expérience sur la solution à 1 pour 100, on a trouvé $0^{gr},033$ de sulfate d'alumine, et un excès d'acide sulfurique de $0^{gr},005$.

Chlorure d'aluminium. — Le sel a été préparé en saturant de l'acide chlorhydrique par un excès d'hydrate d'alumine. Soumis à l'analyse, il a donné des résultats s'accordant très-bien avec la formule

$$Al^2Cl^3.$$

Dans un osmomètre à membrane simple, il a fourni les nombres suivants :

Solution à	p. 100.	— Ascension de		— Temp.	cent.
Solution à	1 p. 100.	— Ascension de	540mm.	— Temp.	10° cent.
»	1	»	570	»	9
»	1	»	450	»	8
»	1	»	635	»	9
»	0,1	»	510	»	12
»	0,1	»	285	»	9
»	0,1	»	410	»	13

Ces nombres, qui sont tous élevés, présentent entre eux des différences considérables, ainsi que cela arrive fréquemment pour des substances dont l'osmose est grande, lorsqu'on les étudie sur des appareils à cloison simple. On a indiqué les températures du liquide extérieur, bien que, dans ces expériences et dans d'autres encore, il fût très-difficile d'apprécier l'influence de la température sur l'osmose des dissolutions étendues. Pour les solutions concentrées, l'osmose et la diffusion paraissent augmenter avec la température. La première des expériences rapportées ci-dessus a été faite sur la membrane fraîchement disséquée, et qui n'avait été soumise à aucun lavage ou macération préalable : on peut observer qu'elle a donné un résultat du même ordre que les suivantes pour lesquelles on avait exécuté ces opérations préliminaires.

Dans les expériences établies pour étudier la diffusion du chlorure d'aluminium en vase ouvert, on avait constamment observé une décomposition partielle de la substance, avec production d'acide chlorhydrique libre. Toutefois,

cette décomposition est moins marquée pour le chlorure d'aluminium que pour l'acétate d'alumine.

Dans un osmomètre à albumine, le même chlorure a donné 245, 233 et 229 millimètres d'ascension, les températures respectives étant de 14, 14 et 16 degrés; les poids du sel diffusé (déduits du dosage du chlore) étaient de $0^{gr},085$, $0^{gr},123$ et $0^{gr},095$. Dans la dernière expérience, on avait coloré la solution par l'addition d'un peu de tournesol, sans que les résultats en fussent altérés d'une manière appréciable.

Acétate d'alumine. — Le sel a été préparé en précipitant du sulfate d'alumine pur par l'acétate de plomb. M. Crum a montré que 1 équivalent d'acide acétique devient libre dans cette réaction, et que l'acétate obtenu a pour formule

$$Al^2O^3 + 2C^4H^3O^3.$$

La solution d'un échantillon de biacétate pur, préparé par M. Crum, a donné une osmose aussi élevée que le sel mélangé d'acide libre obtenu par précipitation. Les expériences suivantes ont été exécutées sur ce dernier produit.

TABLEAU N° XXII.

Acétate d'alumine. Osmomètre G à double membrane.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
ACÉTATE dans 100 parties d'eau.	ASCENSION en millimètres.	OSMOSE en grammes.	SEL diffusé.	DURÉE de la macération	RÉSISTANCE à l'écoulement.	TEMPÉRATURE.
1	232	9,728	"	2 jours.	minut. 3,5	18°
1	264	11,096	"	1	3,5	18
0,1	195	8,208	"	1	3,5	18
0,1	130	5,472	0,036	2	3,0	19
0,1	159	6,688	0,051	1	3,0	19
0,1	146	6,152	0,045	2	3,0	19

Dans la seconde et la troisième expérience, les solutions avaient été distinctement colorées en bleu par l'addition de quelques gouttes de sulfate d'indigo; cette addition n'a pas altéré les résultats d'une manière appréciable.

Les produits diffusés consistaient en biacétate d'alumine; on les déterminait en dosant l'alumine du vase extérieur.

Dans les trois dernières expériences, effectuées sur des solutions à 0,1 pour 100, les rapports entre les poids de sel diffusé et ceux de l'eau introduite à sa place sont ceux de l'unité aux nombres 152, 131 et 137.

Avec l'osmomètre F, à membrane simple, l'acétate d'alumine diffusé ne surpassait pas le tiers ou le quart du sulfate de potasse diffusé dans les mêmes conditions. Ainsi, dans trois observations sur l'acétate d'alumine, on a trouvé pour l'osmose 536, 393 et 397 millimètres; pour la diffusion, $0^{gr},102$, $0^{gr},114$ et $0^{gr},080$. Entre la seconde et la troisième expérience, on en a intercalé deux autres sur le sulfate de potasse; elles ont donné, pour la diffusion, $0^{gr},325$ et $0^{gr},425$.

L'osmose de l'acétate d'alumine ne paraît pas notablement altérée quand on la détermine dans un appareil ayant antérieurement servi pour des solutions d'acide sulfurique : mais elle diminue d'une manière sensible quand au sulfate d'alumine on ajoute une égale quantité de sulfate de potasse. Dans une série d'expériences effectuées avec la même membrane, j'ai obtenu les nombres — 4, 8, 7, 237, 7, 18, savoir : le premier, le troisième et le cinquième (qui sont les plus faibles), pour l'osmose d'une solution d'acide sulfurique à 0,1 pour 100; le quatrième (qui est le plus grand), pour l'osmose de l'acétate d'alumine; le sixième, pour celle d'une solution renfermant 1 pour 100 d'acétate d'alumine et 1 pour 100 de sulfate de potasse. La diffusion, pour l'acétate pur, était de $0^{gr},087$, nombre qui paraît faible lorsqu'il s'agit d'une dissolution à 1 pour 100, comparée à ceux que donnent les solutions à 0,1 pour 100 d'acide sulfurique, savoir : $0^{gr},039$, $0^{gr},042$, $0^{gr},046$ et $0^{gr},044$.

L'addition de 1 pour 100 de chlorure de sodium à une dissolution à 1 pour 100 d'acétate d'alumine a fait descendre l'osmose, dans l'appareil F, de 397 à 267 millimètres. L'influence du chlorure, comparée à celle du sulfate, est évidemment peu considérable.

Le biacétate d'alumine pur se décompose d'une manière plus complète dans les expériences en vase ouvert; l'acide acétique se diffuse et abandonne derrière lui l'alumine sous la forme allotropique soluble, décrite par M. Crum. Cette dernière substance est remarquable par son faible pouvoir diffusif : ailleurs j'aurai l'occasion de revenir sur la discussion de ce fait.

Fer, protosulfate de fer. — Le protosulfate de fer se comporte à la façon du sulfate de magnésie; l'osmose paraît proportionnelle à la diffusion : une partie de sel est toujours remplacée dans l'osmomètre par 5 ou 6 parties d'eau. Dans un appareil à membrane double, d'une résistance suffisante, une solution à 1 pour 100 de sulfate (supposé anhydre) a donné 21 et 30 millimètres d'ascension; une solution à 4 pour 100, 60 et 80 millimètres. La température était comprise entre 16 et 18 degrés.

Protochlorure de fer. — Ce sel se distingue de la plupart des chlorures de métaux magnésiens; il détermine une osmose chimique positive très-considérable. Afin de rechercher si cette particularité était due à une suroxydation du fer, j'ai ajouté à la solution de l'acide sulfureux ou de l'acide sulfhydrique; toutefois l'osmose ne s'en est pas trouvée diminuée.

TABLEAU N° XXIII.

Solutions renfermant 1 pour 100 de divers chlorures magnésiens.

Osmomètre F à double membrane.

NATURE DU SEL DISSOUS.	ASCENSION en millimètr.	RÉSISTANCE à l'écoulement.	TEMPÉRATURE.
Chlorure de magnésium	3	2 min.	15°
Chlorure de zinc	48	2	16
Id.	54	2	17
Chlorure de manganèse	24	1,75	17
Id.	34	1,5	17
Protochlorure de fer	160	1	16
Id.	197	1	18
Id.	435	2	18
Protochlorure de fer + 0,1 p. 100 acide sulfureux	404	4	17
Protochlorure de fer saturé d'ac. sulfhydr.	332	4	18
Protochlorure de fer seul	155	4	16

L'osmose du protochlorure de fer est forte, mais éminemment variable; on voit, en effet, que de 160 elle s'élève à 435 millimètres, pour retomber encore à 155 millimètres.

Avec une autre cloison membraneuse double, dont la résistance était assez faible (1 millimètre), l'osmose du même sel n'était plus que de 94, 91 et 97 millimètres. Après la première expérience, on a lavé la membrane à l'alcool et à l'éther; la nature des résultats n'a point varié. Avec la même cloison, une solution à 2 pour 100 a donné 151 et 157 millimètres; une solution à 5 pour 100, 189 millimètres : ainsi l'osmose n'a pas augmenté proportionnellement à la quantité de sel dissous.

Le *nitrate de sesquioxyde de fer*, obtenu en saturant l'acide nitrique faible par le sesquioxyde hydraté, a donné, pour une solution à 1 pour 100 et avec une membrane simple, 322 et 359 millimètres; pour une solution à 0,1 pour 100, 153 et 107 millimètres. L'*acétate* de la même

base, employé en solution fortement colorée, a donné 207 millimètres; devenu presque incolore par la précipitation spontanée d'une portion de l'oxyde de fer, il a donné 194 millimètres, résultat peu différent du premier.

Manganèse. — Le sulfate de manganèse ne paraît point susceptible de déterminer l'osmose chimique. Avec une membrane double, de résistance médiocre (2 millimètres), une solution à 1 pour 100 de ce sel a donné 34, 51 et 54 millimètres; une solution à 4 pour 100, 53 et 51 millimètres; enfin une solution à 10 pour 100, 57 et 59 millimètres. La faiblesse des nombres fournis par les solutions concentrées est un fait exceptionnel et qui réclame nouvelle confirmation.

On a vu plus haut (tableau n° XXIII) que le chlorure de manganèse possède un faible pouvoir osmotique; dans un appareil à membrane, il a donné 24 et 34 millimètres; dans un osmomètre à cloison albuminée, 13 et 14 millimètres.

Cobalt. — Le chlorure ne semble pas non plus capable de provoquer une osmose chimique bien marquée. Avec une membrane double, la solution à 1 pour 100 a donné 21 et 27 millimètres; la solution à 0,1 pour 100, 20 et 23 millimètres; enfin la première solution étant reprise, a fourni 44 millimètres.

Nickel. — Le sulfate de nickel se rapproche des sulfates de magnésie et de protoxyde de fer. Avec une membrane double, 12 et 10 millimètres pour la solution à 1 pour 100; 38 et 38 millimètres pour la solution à 4 pour 100; 72 et 106 millimètres pour la solution à 10 pour 100.

Le chlorure cependant paraît déterminer, comme le protochlorure de fer, une osmose chimique. Il a donné 52, 89 et 95 millimètres dans un osmomètre à membrane double.

Zinc. — Point d'osmose chimique. Avec une membrane double, le sulfate a donné 34 et 29 millimètres; le nitrate, 18 et 32 millimètres; le chlorure, 48 et 54 millimètres.

Cadmium. — Osmose chimique pour le nitrate. Avec membrane double, ascensions de 90, 124 et 137 millimètres.

Cuivre. — L'osmose chimique se manifeste sur tous les sels de cuivre, le sulfate excepté. On se rappelle que les sulfates, en général, ont un pouvoir osmotique très-faible. Voici les résultats obtenus avec quatre sels de cuivre différents.

TABLEAU N° XXIV.

Solutions renfermant 1 pour 100 de divers sels de cuivre.

Osmomètre E à double membrane.

NATURE DU SEL DISSOUS.	ASCENSION en millimètres	RÉSISTANCE à l'écoulement.	TEMPÉRATURE.
Chlorure de cuivre	351	1 min.	16°
Sulfate de cuivre	48	10	15
Nitrate de cuivre	154	10	16
Id	204	12	17
Acétate de cuivre	148	10	17
Id	102	10	17
Id	101	10	16

Les nombres que fournit un même sel changent toujours d'une manière notable, lorsque entre deux expériences on en intercale une ou plusieurs faites sur un autre sel; de plusieurs déterminations effectuées à la suite l'une de l'autre sur la même substance, les dernières donnent donc les résultats les plus dignes de confiance. Nous adopterons, d'après cela, pour l'osmose du sulfate de cuivre, 48 millimètres; pour celle de l'acétate, 102; du nitrate, 204; du chlorure, 351. L'expérience faite sur le sulfate a donné sans doute un nombre trop élevé, parce qu'elle avait été précédée d'une expérience sur le chlorure.

Les sels des divers métaux magnésiens donnent, en général, des résultats d'osmose moindres avec les diaphragmes albuminés qu'avec les cloisons membraneuses. Dans un

osmomètre de la première espèce, le nitrate de cuivre a donné 22 et 27 millimètres; l'acétate 22 et 25, nombres qui ne surpassent point ceux que donnent les sels de chaux et de magnésie.

Plomb. — Les sels de ce métal ont sans doute des pouvoirs osmotiques comparables à ceux des sels de cuivre. Je n'ai étudié que le nitrate et l'acétate. Voici les résultats qu'ils ont donnés avec la même membrane.

TABLEAU N° XXV.

Solutions renfermant 1 pour 100 de divers sels de plomb.

Osmomètre M *à double membrane.*

NATURE DU SEL DISSOUS.	ASCENSION en millimètres	RÉSISTANCE à l'écoulement.	TEMPÉRATURE.
Nitrate de plomb	174	2 min.	18°
Id	211	2	18
Id	197	2	17
Acétate de plomb	100	2	18
Id	97	2	16

Nous adopterons, pour l'acétate de plomb, le nombre 97; pour le nitrate, 204 (moyenne des nombres 211 et 197).

Il m'a paru intéressant aussi de déterminer l'osmose du nitrate de plomb sur des solutions plus concentrées. (Après la troisième expérience du tableau précédent, on a lavé la membrane à l'éther; cette opération, dans le cas actuel, a sensiblement diminué ses aptitudes osmotiques.)

TABLEAU N° XXVI.

Nitrate de plomb. Osmomètre K à double membrane.

SEL dissous dans 100 parties d'eau.	ASCENSION en millimètres.	OSMOSE en grammes.	SEL diffusé.	DURÉE de la macération	RÉSISTANCE à l'écoulement.	TEMPÉRATURE.
1	91	"	"	0 jour.	2 min.	16°
1	127	"	"	1	1	18
1	125	"	"	1	1	17
1	157	"	"	3	8	17
1	157	"	"	9	12	17
2	184	"	"	1	12	17
2	195	"	"	1	12	19
5	209	"	"	1	12	19
5	229	"	"	1	12	19
10	213	"	"	1	12	21
10	250	10,56	3,283	2	16	22

On peut donc adopter, pour l'osmose du nitrate de plomb, les nombres suivants : solution à 1 pour 100, 157 millimètres ; solution à 2 pour 100, 195 millimètres ; solution à 5 pour 100, 229 millimètres ; solution à 10 pour 100, 250 millimètres. L'osmose croît bien plus lentement que la proportion de sel dissous. D'après la dernière expérience, une partie de sel diffusé n'est remplacée que par environ trois parties et demie d'eau.

L'accroissement de la résistance de la membrane durant cette série d'expériences mérite d'être remarquée. On constate la même chose pour divers autres sels métalliques, notamment pour des nitrates. Toutefois, cet accroissement ne paraît avoir aucune influence appréciable sur la grandeur de l'osmose.

Uranium. — L'osmose du nitrate est très-considérable. On n'en peut rien conclure sur la constitution de la base du sel, car nous avons trouvé des pouvoirs osmotiques élevés dans les sels des oxydes R^2O^3 et dans quelques sels

au moins des oxydes RO. Considéré comme un sel à base de sesquioxyde, le nitrate d'uranium aurait des aptitudes basiques; de là l'idée d'ajouter de l'acide nitrique libre à ses solutions, dans quelques expériences. L'addition de 0,1 pour 100 d'acide seulement produit peu d'effet; celle d'une quantité 10 fois plus forte diminue, au contraire, considérablement l'osmose.

TABLEAU N° XXVII.

Nitrate d'uranium. Osmomètre M *à double membrane.*

NATURE DE LA SOLUTION.	ASCENSION en millimètres.	SEL diffusé.	DURÉE de la macération.	RÉSISTANCE à l'écoulement.	TEMPÉRATURE.
Nitrate d'uranium, 1 p 100.	288	gr 0,078	1 jour.	1 min.	16°
Id..................	458	0,102	3	1	16
Nitrate d'uranium, 1 p. 100 + ac. nitrique, 1 p. 100.	44	0,205	1	1	17
Id..................	70	0,136	1	3	19
Nitrate d'uranium, 1 p. 100 + ac. nitrique, 0,1 p. 100.	304	0,078	1	3	17
Id..................	282	0,108	1	3	16.

La première ascension observée est très-faible; c'est que pendant les premières heures de l'expérience l'osmose a été bien moins rapide que pendant les dernières. Les ascensions pendant les heures successives étaient de 36, 46, 67, 77 et 63 millimètres.

Pendant la même expérience, la diffusion a été inférieure aussi à la moyenne des valeurs qu'elle atteignait dans les suivantes. Ces remarques font croire à l'existence d'une force qui retiendrait les particules du sel dans les profondeurs de la membrane; l'osmose ne reprendrait son cours régulier que lorsque cette force aurait produit tout son effet.

En somme, la diffusion est faible, ainsi qu'on l'observe en général pour les sels à base de sesquioxydes.

Dans un appareil à diaphragme albuminé, le même sel donne des résultats beaucoup moindres; toutefois l'addition de l'acide nitrique libre ne les diminue pas.

Étain. — Le protochlorure d'étain détermine une forte osmose, à la façon de la plupart des autres protochlorures métalliques. Une solution à 1 pour 100, dans un appareil à double membrane, a donné des ascensions de 235, 253, 289 et 275 millimètres. Le bichlorure, essayé aussitôt après dans le même osmomètre, n'a donné que 27 millimètres. Ce dernier sel toutefois donne, avec une membrane fraîche, une osmose négative, lors même qu'on a neutralisé la solution aussi exactement que possible. Voir la page 85.

Antimoine. — Osmose faible pour le tartrate double d'antimoine et de potasse. Dans une première expérience, avec une membrane double on a obtenu 38 millimètres; mais dans deux suivantes on n'a trouvé que 12 et 17 millimètres. Une solution à 4 pour 100 du même sel n'a donné que 23 et 27 millimètres.

Mercure. — Les sels des deux oxydes de mercure déterminent des ascensions considérables. Les résultats les plus faibles s'observent avec le bichlorure (sublimé corrosif); le nitrate mercureux donne des nombres plus forts; le nitrate mercurique fournit les plus élevés. Il est bon de remarquer que la solution du bichlorure possède beaucoup plus de stabilité que les solutions des deux nitrates, en sorte que pour les sels de mercure l'osmose paraît d'autant plus grande que le composé salin est plus instable.

J'ai recherché l'influence qu'exercent les acides libres et le chlorure de sodium sur l'osmose du bichlorure de mercure. J'ai trouvé ainsi qu'une faible proportion d'acide semble favoriser le phénomène; le chlorure de sodium paraît produire un effet opposé.

TABLEAU N° XXVIII.

Sels de mercure. Osmomètre C à double membrane.

NATURE DE LA SOLUTION.	ASCENSION en millimètres	DURÉE de la macération	RÉSISTANCE à l'écoulement.	TEMPÉRATURE.
Bichlorure de mercure, 1 p. 100.	116	4 jours.	4 min.	16°
Id.	121	3	4	16
Id. 0,1 pour 100.	62	1	4	17
Id.	49	1	5	19
Bichlorure de mercure, 1 p. 100 + ac. chlorhydriq., 0,1 p. 100.	163	1	5	17
Id.	132	1	4	16
Id + ac nitriq., 0,1 p. 100.	152	3	5	16
Id.	122	1	2	15
Bichlorure de mercure + chlorure de sodium, 0,5 p. 100...	72	1	2	16
Id.	60	1	1	17

Nous en tenant toujours à la seconde des expériences faites sur une même solution, de préférence à la première, nous adopterons pour l'osmose d'une dissolution à 1 pour 100 de sublimé, 121 millimètres; et pour celle de la même dissolution additionnée de 0,5 pour 100 de chlorure de sodium, 60 millimètres.

Avec une cloison albuminée, le bichlorure de mercure détermine une osmose très-faible (5 et 9 millimètres). La diffusion à travers l'un et l'autre diaphragme était cependant sensible.

Le nitrate mercureux a donné, avec une double membrane, 232, 346 et 350 millimètres; avec la cloison albuminée, des nombres bien inférieurs à ceux-ci, savoir 47, 63 et 61 millimètres.

Le nitrate mercurique, avec la double membrane, a donné : pour une solution à 1 pour 100, 425 et 476 millimètres; pour une solution à 0,1 pour 100, 296 millimètres, résultats qui indiquent un pouvoir osmotique des plus élevés.

A la suite de ces dernières expériences, la membrane a

conservé une grande activité; on l'a fait macérer dans l'eau pendant une nuit, après quoi on a introduit dans l'osmomètre un sel à peu près inactif (le nitrate d'argent); les ascensions observées étaient encore de 222 et 166 millimètres.

Avec un diaphragme albuminé, le nitrate mercurique donne des résultats faibles : pour une solution à 1 pour 100, 32 et 54 millimètres; pour une solution à 0,1 pour 100, 32 et 46 millimètres.

Argent. — Il est intéressant de constater combien, au point de vue de l'osmose comme au point de vue d'un grand nombre d'autres propriétés chimiques, l'argent se sépare du mercure et des métaux magnésiens pour se rapprocher au contaire des métaux alcalins. Le nitrate d'argent présente une osmose positive faible, comparable à l'osmose des sels de potasse et de soude. Afin de faire ressortir cette analogie, on a fait, avec le même appareil, des expériences sur le nitrate de soude à la suite des expériences sur le nitrate d'argent.

TABLEAU N° XXIX.

Solutions diverses. Osmomètre G à double membrane.

NATURE DE LA SOLUTION.	ASCENSION en millimètr	DURÉE de la macération	RÉSISTANCE à l'écoulement.	TEMPÉRATURE.
Nitrate d'argent, 1 pour 100...	36	1 jour.	2 min.	18°
Id.....................	34	1	2	18
Id. 0,1 pour 100...	27	1	2	17
Id.....................	22	1	2	18
Nitrate de soude, 1 pour 100...	7	2	2	16
Id.....................	2	1	2	18

La moyenne des résultats que fournit le nitrate d'argent (solution à 1 pour 100) est de 35 millimètres; la moyenne, pour le nitrate de soude, est de 4,5 millimètres. La diffusion du sel d'argent est considérable dans toutes les expériences.

Or et Platine. — Nous avons déjà vu que les chlorures de ces métaux déterminent une osmose négative bien marquée, et se placent à ce point de vue à côté des acides.

Pour terminer ce Mémoire, je rassemblerai dans un même tableau une série de résultats numériques destinés à montrer l'osmose d'un grand nombre de substances diverses. Plusieurs de ces nombres n'ont pas été rapportés dans ce qui précède.

Osmose de diverses substances. Diaphragme membraneux.

	millim
Acide oxalique......	—148
Acide chlorhydrique (0,1 pour 100)...	— 92
Trichlorure d'or.....	— 54
Bichlorure d'étain...	— 46
Bichlorure de platine.	— 30
Nitrate de magnésie..	— 22
Chlor. de magnésium.	— 2
Chlorure de sodium..	+ 12
Chlor. de potassium..	18
Nitrate de soude....	14
Nitrate d'argent.....	34
Sulfate de potasse...	21 à 60
Sulfate de magnésie..	14
Chlorure de calcium.	20
Chlorure de barium.	21
Chlor. de strontium..	26
Chlorure de cobalt..	26
Chlor. de manganèse.	34
Chlorure de zinc.......	45
Chlorure de nickel.	88
Nitrate de plomb.......	204
Nitrate de cadmium.....	137
Nitrate d'uranium......	458
Nitrate de cuivre.......	204
Chlorure de cuivre.....	351
Protochlorure d'étain...	289
Protochlorure de fer....	435
Bichlorure de mercure...	121
Nitrate mercureux......	450
Nitrate mercurique.....	476
Acétate de sesquioxyde de fer...............	194
Acétate d'alumine......	393
Chlorure d'aluminium...	540
Phosphate de soude.....	311
Carbonate de potasse....	439

On remarquera que les substances acides occupent l'une des extrémités du tableau, tandis que les substances alcalines se trouvent à l'autre. Les premières déterminent les osmoses négatives, les secondes provoquent, au contraire, les ascensions positives avec le plus d'énergie. De cette remarque, il ressort tout naturellement que l'eau, pendant

le phénomène de l'osmose, doit passer du même côté que l'alcali, absolument comme elle suit l'hydrogène et les alcalis dans l'endosmose électrique.

Pour que l'osmose proprement dite prenne naissance, il faut que la membrane éprouve sur ses deux faces des actions chimiques différentes; et, d'après la manière de voir qui s'accorde le mieux avec les faits, il faut que ces actions soient non-seulement inégales en intensité, mais encore différentes quant à leur nature même. Il résulte des faits observés que, par suite des actions exercées sur la matière albuminoïde de la membrane, les acides se portent vers la surface externe et les bases vers la surface interne. L'eau se porte toujours du côté basique.

Cette dernière règle empirique n'est pas en défaut, ainsi qu'on pourrait le croire au premier abord, quand l'osmomètre renferme un acide étendu, auquel cas l'osmose est négative. Le courant d'eau devant être dirigé du côté basique, s'établira de l'intérieur vers l'extérieur, car dans les conditions de l'expérience, l'eau du vase extérieur est basique par rapport à l'acide contenu dans l'osmomètre.

L'osmose positive si considérable que manifestent les sels des sesquioxydes (sesquioxydes d'aluminium, de fer, de chrome, d'uranium) est des plus remarquables. Elle est comparativement faible quand le sel possède une grande stabilité; c'est le cas des sulfates; mais elle se manifeste bien plus clairement lorsque l'affinité de l'acide pour la base est moins énergique, ainsi que cela a lieu pour les chlorures, nitrates et acétates de ces bases, tous sels qui se décomposent durant l'expérience par suite de la diffusion. Si l'on opère, par exemple, avec du nitrate de peroxyde de fer, le sel se décompose presque aussitôt dans l'intérieur de la membrane : l'acide se diffuse à l'extérieur, tandis qu'il abandonne à la face interne un sel avec excès de base. Ici donc encore l'osmose de l'eau s'établit vers le côté basique de la membrane.

Mais le fait le plus important à généraliser empiriquement est celui qui ressort de l'étude des sels du groupe magnésien.

Les sels solubles de chaux, de baryte et de strontiane paraissent entièrement dépourvus de pouvoir osmotique, ou du moins ils déterminent tantôt une osmose positive faible, et tantôt une osmose négative faible. Ces sels sont neutres aux papiers et ne manifestent aucune tendance à se transformer en sous-sels. Les sels des bases terreuses et ceux de magnésie présentent les mêmes caractères. Mais les sels d'autres oxydes magnésiens, à l'exception toutefois des sulfates, possèdent au contraire un pouvoir osmotique considérable, notamment les sels de cuivre, de protoxyde de plomb et de protoxyde d'étain. Ces derniers sont précisément de tous les sels appartenant au groupe magnésien ceux qui se dédoublent le plus aisément en acide libre et en un sous-sel : ils peuvent donc, à la façon des sels des sesquioxydes, déposer un élément basique à la face interne du diaphragme, et déterminer ainsi une osmose positive. Pour le nitrate d'uranium, la production d'un sous-sel n'est pas nécessaire à l'établissement de l'osmose, ce nitrate étant basique déjà par sa constitution même. Le pouvoir osmotique remarquable de l'acide métaphosphorique dont il a été question plus haut, s'explique très-bien d'après cette théorie.

Les sels monobasiques des métaux alcalins, tels que les chlorures de potassium et de sodium, les nitrates de potasse, de soude, d'argent, sels d'une neutralité complète et constante, n'ont qu'un pouvoir osmotique faible ou peut-être même nul. Il est vrai qu'ajoutés aux sulfates magnésiens neutres et à certaines matières organiques telles que le sucre ou l'alcool, ils en augmentent l'osmose; mais cet accroissement n'est jamais très-grand, et pourrait sans doute s'expliquer en admettant une augmentation du volume des produits diffusés. Les rapports des pouvoirs diffusifs de

toutes ces substances sont connus ; malheureusement nous ne pouvons nous faire une idée du pouvoir diffusif de l'eau qu'indirectement, ainsi que je l'ai essayé dans mes expériences antérieures sur la diffusibilité des liquides. Les sels se diffusant, en général, quatre fois plus vite de leurs solutions aqueuses que de leurs solutions alcooliques, on peut admettre que la diffusibilité de l'eau est quadruple de celle de l'alcool, ou, par suite, égale à cinq ou six fois celle du sucre ou du sulfate de magnésie. On peut donc admettre que, par le seul fait de la diffusion, une partie de ces dernières substances doit être remplacée dans l'osmomètre par cinq ou six parties d'eau. Cette *osmose par diffusion* paraît varier d'une manière assez régulière comme la proportion de sel dissous. Au contraire, l'*osmose chimique* se montre déjà très-considérable lorsqu'on opère avec des dissolutions très-étendues, par exemple des dissolutions à 1 pour 100 ou même à 0,1 pour 100 ; elle n'augmente que fort peu avec la proportion de substance dissoute.

L'addition d'une petite quantité de sel marin à une solution de carbonate de potasse peut diminuer beaucoup l'osmose positive de ce dernier, ainsi qu'on l'a vu, tandis qu'un mélange de sel marin et d'acide chlorhydrique détermine une osmose considérable que ni l'une ni l'autre de ces deux matières ne peut provoquer à elle seule.

Les sels bibasiques de potasse, tels que le sulfate et l'oxalate, bien que rigoureusement neutres aux papiers, tendent à produire un commencement d'osmose positive ; ils doivent sans doute cette propriété à ce qu'ils sont aptes à se dédoubler en acide libre et en un sous-sel.

Pour le sulfate de potasse en particulier, l'osmose est très-faible quand le sel est parfaitement neutre aux papiers : elle varie de grandeur suivant la nature de la membrane ; l'addition de la plus minime quantité d'un acide puissant a pour effet de la faire disparaître entièrement, ou même de la rendre négative.

Au contraire, l'addition d'une petite quantité de carbonate de potasse à la dissolution du sulfate détermine une osmose positive très-considérable. On a remarqué, d'ailleurs, que l'osmose d'un mélange des deux sels était supérieure à la somme des ascensions que produit chacun d'eux pris isolément.

Cette propriété singulière du sulfate de potasse ne peut encore être expliquée d'une manière satisfaisante; car nous ne connaissons que très-imparfaitement les réactions chimiques que subit la membrane, et nous ne savons pas quelles sont les masses d'eau qui prennent part à ces réactions. Nous avons dit que l'eau était toujours entraînée du côté de la base; mais ce n'est là qu'un énoncé général, qui n'équivaut ni à une explication, ni à une théorie.

Quelques personnes pourront croire que l'étude de l'osmose perd de son intérêt au point de vue de la physiologie, par cela seulement qu'on la considère comme un phénomène chimique; que, parce qu'elle suppose une altération de la cloison poreuse, elle ne peut se produire dans les corps vivants. Mais il ne faut pas oublier que l'organisme animal ou végétal est le siége d'un mouvement continuel, d'une succession non interrompue de décompositions et de recompositions, et que, par suite, les altérations qui déterminent l'osmose peuvent être rapidement réparées dans l'économie. Loin de là, les conditions qu'on rencontre dans l'organisme sont éminemment propres à favoriser l'osmose chimique. Nous savons, en effet, que celle-ci se manifeste surtout lorsque les liquides qui baignent les membranes sont des solutions salines faibles; tels sont précisément les liquides de l'économie : les réactions alcalines ou acides qu'ils possèdent ordinairement facilitent encore la production du phénomène.

L'osmose nous présente un remarquable exemple de la conversion de l'une des forces les plus énergiques que nous connaissions, de l'affinité en travail mécanique. Dans l'éta-

blissement des théories physiologiques, on se trouve toujours embarrassé quand il s'agit d'expliquer des mouvements vitaux par l'affinité chimique; or c'est dans les tissus, criblés d'espaces cellulaires microscopiques, que les mouvements produits par l'osmose, qui ne dépendent que de l'étendue de la surface de contact, devront se manifester avec le plus d'énergie : ne pourra-t-on pas espérer d'après cela combler en partie les lacunes de la théorie, et expliquer par l'osmose quelques-uns des mouvements déterminés sous l'influence de l'affinité ?

On a coutume de rapporter à l'osmose l'ascension de la séve dans les végétaux. Les parois des cellules végétales peuvent être parfaitement comparées au diaphragme d'un osmomètre en calicot albuminé, car ces parois ligneuses sont enduites d'une couche de substance albuminoïde; si donc leur surface inférieure est baignée par un liquide tenant en solution un sel végétal, du bioxalate de potasse, par exemple, un courant d'osmose devra s'établir, qui déterminera l'ascension de l'eau dans le tissu de la plante.

RECHERCHES SUR DE NOUVELLES COMBINAISONS SALICYLIQUES;

Par M. Charles GERHARDT.

Présentées à l'Académie des Sciences le 2 janvier 1854.

Mes dernières recherches sur les acides anhydres ont conduit à ce résultat général, qu'on peut, dans un acide ou dans un sel, remplacer, par double décomposition, l'hydrogène basique ou le métal par un groupement oxygéné (par un radical négatif), de la même manière qu'on peut remplacer ces éléments par un autre métal ou par un groupement hydrocarburé (par un radical positif). On en déduit nécessairement qu'au point de vue de leurs métamorphoses les plus prochaines, conséquemment aussi de leur constitution chi-

mique, on ne saurait établir aucune démarcation précise entre les acides, les bases et les sels. Tous ces corps sont en série; il existe des uns aux autres un passage insensible; les différences ne deviennent apparentes qu'autant qu'on considère, dans la série, des termes extrêmes et opposés, un acide énergique et une base énergique.

Mais si cette sériation des composés chimiques est contraire à toute classification qui tendrait à établir des groupes absolument distincts par leurs fonctions; si elle rend impossible la définition absolue de ce que nous nommons acides, bases et sels, elle conduit, d'un autre côté, à certaines vérités qui compensent largement les incertitudes qu'elle entraîne dans la classification des fonctions chimiques.

Parmi ces vérités, il en est une d'une application toute pratique, qu'on peut appeler le *principe de la solidarité des fonctions*. Si nous ne pouvons définir et classer les fonctions que d'une manière relative, la notion de série nous apprend au moins que toutes les réactions chimiques sont solidaires, que toutes les fonctions se tiennent. La potasse, l'alcool et l'acide benzoïque, par exemple, qui, dans toutes les classifications, sont placés dans des catégories distinctes (bases, alcools, acides), offrent cependant des fonctions semblables, au point de vue des échanges dont leurs éléments sont susceptibles, c'est-à-dire des réactions qu'on peut effectuer sur eux. C'est ce qu'on exprime en dérivant du même type la potasse, l'alcool et l'acide benzoïque :

$$\left.\begin{matrix}K\\H\end{matrix}\right\}O, \quad \text{Potasse.}$$

$$\left.\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O, \quad \text{Alcool.}$$

$$\left.\begin{matrix}C^7H^5O\\H\end{matrix}\right\}O, \quad \text{Acide benzoïque.}$$

Ces formules, dans le sens que j'y attache, ne prétendent pas indiquer la manière dont les atomes sont arrangés; elles

ont simplement pour but de peindre à l'esprit une propriété commune aux trois corps, savoir : le fait des mêmes doubles décompositions pouvant être réalisées sur la potasse, sur l'alcool et sur l'acide benzoïque; elles rappellent qu'on peut à volonté, dans ces composés, remplacer K par C^2H^5 ou par C^7H^5O, c'est-à-dire transformer la potasse en sels, en éthers ou en acides anhydres. Or ces remplacements ne sont pas bornés aux trois corps mentionnés : le principe de la solidarité des fonctions indique que, lorsqu'un corps peut, comme l'eau, échanger son hydrogène pour du potassium, comme elle il échangera également ce potassium pour de l'éthyle ou pour du benzoïle. Toute la difficulté consistera, pour l'expérimentateur, dans l'appréciation des conditions physiques (température, pression, masse, etc.) nécessaires à la réalisation de cet échange.

Ces considérations m'ont fait entreprendre quelques expériences sur les éthers salicyliques. Ces corps, comme on sait, présentent une singulière anomalie dans l'histoire des éthers : bien qu'ils correspondent à des salicylates neutres (1), les éthers salicyliques ont la propriété de se combiner avec les bases et de produire des sels parfaitement définis. Ainsi le salicylate de méthyle (huile de gaulthéria) offre une composition analogue à celle du salicylate d'argent :

$$\underbrace{\left.\begin{matrix} C^7H^5O^2 \\ CH^3 \end{matrix}\right\} O,}_{\text{Salicylate de méthyle.}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix} C^7H^5O^2 \\ Ag \end{matrix}\right\} O,}_{\text{Salicylate d'argent.}}$$

Et cependant le salicylate de méthyle forme des sels de potasse, de soude, de baryte, etc. Il en est de même du salicylate d'éthyle. Ces deux éthers, comme l'a parfaitement démontré M. Cahours, se comportent comme de véritables acides.

(1) *Voir* l'addition à la suite de ce Mémoire.

Voici encore une autre anomalie. Lorsqu'on traite un éther ordinaire par le chlore ou par le brome, le premier effet de ces agents consiste toujours à opérer des substitutions dans les éléments éthyliques ou méthyliques, que les alcalis ne transforment plus alors en alcool ou en esprit-de-vin, mais qu'ils convertissent en acide acétique ou en acide formique (Malaguti). Les éthers salicyliques se comportent tout différemment: en agissant sur eux, le chlore et le brome commencent par attaquer les éléments salicyliques, et donnent ainsi les éthers de l'acide chlorosalicylique, bromosalicylique, etc.

D'ailleurs l'acide salicylique lui-même diffère, sous bien des rapports, des autres acides organiques; il n'y a pas longtemps, M. Chiozza, en le traitant par le perchlorure de phosphore, a obtenu des résultats également remarquables par leur nature exceptionnelle.

De mon côté, je vais montrer, dans ce travail, que les éthers salicyliques étant de véritables acides et donnant des sels, on peut, conformément au principe de la solidarité des réactions, *éthérifier* les éthers salicyliques, comme on éthérifie l'alcool ou l'esprit-de-bois.

Benzoate de méthyl-salicyle.

Ce corps s'obtient en chauffant ensemble, dans un ballon, équivalents égaux de chlorure de benzoïle et de salicylate de méthyle, tant qu'il se dégage de l'acide chlorhydrique; après la réaction, le produit est visqueux, et se concrète peu à peu en une masse cristalline, en dégageant beaucoup de chaleur. On le lave avec de la potasse pour enlever l'excédant des matières employées, et on le fait cristalliser dans l'alcool ou dans l'éther.

Le benzoate de méthyl-salicyle se dépose sous la forme de magnifiques prismes rhomboïdaux obliques, doués de beaucoup d'éclat, fusibles à 83 degrés, insolubles dans l'eau, fort solubles dans l'alcool et l'éther.

I. $0^{gr},299$ ont donné 0,769 d'acide carbonique et 0,130 d'eau.

II. $0^{gr},300$ d'une autre préparation ont donné 0,769 d'acide carbonique et 0,128 d'eau.

III. $0^{gr},300$ d'une troisième préparation ont donné 0,772 d'acide carbonique et 0,127 d'eau.

On déduit de là, en centièmes :

	I.	II.	III.
Carbone.......	70,14	69,91	70,18
Hydrogène.....	4,83	4,74	4,69
Oxygène......	25,03	25,35	25,13
	100,00	100,00	100,00

La réaction qui produit le corps est évidemment la suivante :

$$\underbrace{C^8H^8O^3}_{\text{Salicylate de méthyle.}} + \underbrace{C^7H^5OCl}_{\text{Chlorure de benzoïle.}} = HCl + \underbrace{C^{15}H^{12}O^4}_{\text{Benzoate de méthyl-salicyle.}}$$

Les rapports $C^{15}H^{12}O^4$ exigent :

C^{15}..............	180	70,31
H^{12}..............	12	4,69
O^4..............	64	25,00
	256	100,00

Si l'on représente le salicylate de méthyle comme l'hydrate de méthyl-salicyle (c'est-à-dire comme l'hydrate d'un salicyle dans lequel H est remplacé par CH^3), voici comment on peut formuler le nouveau corps :

$$\underbrace{\left.\begin{matrix} C^7H^4(CH^3)O^2 \\ H \end{matrix}\right\} O.}_{\text{Hydrate de méthyl-salicyle, ou salicylate de méthyle.}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix} C^7H^4(CH^3)O^2 \\ C^7H^5O \end{matrix}\right\} O.}_{\text{Benzoate de méthyl-salicyle.}}$$

Chauffé au-dessus de son point de fusion, le benzoate de méthyl-salicyle reste longtemps liquide et visqueux ; si l'on y verse alors de l'éther, il se concrète en s'échauffant, et se transforme entièrement en petits rhombes brillants.

La potasse aqueuse et bouillante ne l'attaque pas. Lorsqu'on le chauffe avec de la potasse solide, il s'attaque vivement en dégageant une odeur aromatique (1); le produit, dissous dans l'eau, donne par l'acide chlorhydrique un abondant précipité d'acide salicylique.

En distillant le benzoate de méthyl-salicyle sur de la baryte caustique (elle m'a semblé hydratée), j'ai obtenu une huile bouillant au-dessus de 200 degrés, cédant à la potasse un peu d'acide salicylique, mais en plus grande partie insoluble dans cet agent.

Cuminate de méthyl-salicyle.

La réaction du chlorure de cumyle sur le salicylate de méthyle est semblable à celle du chlorure de benzoïle, seulement il faut chauffer un peu plus fort. Le produit constitue une huile épaisse qui se conserve longtemps à l'état fluide; mais, si l'on y verse un peu d'éther, elle se concrète par l'évaporation en une masse radiée.

Cette substance cristallise, dans l'alcool bouillant, sous la forme de paillettes rhombes très-brillantes, insolubles dans l'eau, peu solubles dans l'alcool froid, très-solubles dans l'éther; celui-ci la dépose, par l'évaporation spontanée, à l'état de prismes rhomboïdaux obliques, souvent très-gros. Lorsqu'on sature l'alcool bouillant de la substance, la liqueur devient laiteuse par le refroidissement, et dépose peu à peu la matière sous la forme d'une huile qui conserve longtemps sa fluidité.

$0^{gr},300$ de substance ont donné 0,795 d'acide carbonique et 0,1635 d'eau.

Ce qui donne, en centièmes :

Carbone	72,27
Hydrogène	6,05
Oxygène	21,68
	100,00

(1) Si l'on distille, on obtient une huile; c'est peut-être du benzoate de méthyle.

Le calcul conduit aux rapports $C^{18}H^{18}O^{4}$:

$$\underbrace{C^{8}H^{8}O^{3}}_{\text{Salicylate de méthyle.}} + \underbrace{C^{10}H^{11}OCl}_{\text{Chlorure de cumyle.}} = HCl + \underbrace{C^{18}H^{18}O^{4}}_{\text{Cuminate de méthyl-salicyle.}}$$

Ces rapports donnent :

C^{18}.............	216	72,48
H^{18}.............	18	6,04
O^{4}..............	64	21,48
	298	100,00

Succinate de méthyl-salicyle.

On fait réagir, à une douce chaleur, du chlorure de succinyle sur le double environ de son poids de salicylate de méthyle, tant qu'il se dégage de l'acide chlorhydrique. Après la réaction, le résidu, toujours coloré en brun, se prend en masse ; on le met en digestion avec une lessive alcaline, et on le fait ensuite cristalliser dans l'alcool bouillant. Par le refroidissement, on voit se former à la surface du liquide de gros cristaux ordinairement rectangulaires, composés d'un assemblage de fibres, et dans lesquels on distingue des diagonales, comme si les rectangles étaient formés par la juxtaposition de quatre demi-rhombes ; ces cristaux tombent peu à peu au fond, et, si l'on décante alors le liquide surnageant, on voit déposées une masse de fibres sans éclat et colorées. On les fait cristalliser à plusieurs reprises dans l'alcool bouillant.

Ce corps est peu soluble dans l'alcool froid, ainsi que dans l'éther.

$0^{gr},279$ de matière ont donné 0,6365 d'acide carbonique et 0,122 d'eau.

On en déduit, en centièmes :

Carbone....	62,21
Hydrogène............	4,85
Oxygène..............	32,94
	100,00

D'après la réaction, on a l'équation :

$$\underbrace{2.C^8H^8O^3}_{\text{Salicylate de méthyle.}} + \underbrace{C^4H^4O^2Cl^2}_{\text{Chlorure de succinyle.}} = 2HCl + \underbrace{C^{20}H^{18}O^8}_{\text{Succinate de méthyl-salicyne.}}$$

Les rapports $C^{20}H^{18}O^8$ exigent :

C^{20}	240	62,18
H^{18}	18	4,67
O^8	128	33,15
	386	100,00

Comme l'acide succinique est un acide bibasique, on déduira le succinate de méthyl-salicyle de deux molécules d'eau :

$$\left.\begin{matrix}[C^7H^4(CH^3)O^2]^2 \\ C^4H^4O^2\end{matrix}\right\} O^2.$$

Le succinyle $C^4H^4O^2$ est l'équivalent de H^2.

Benzoate d'éthyl-salicyle.

Ce corps se produit, lorsqu'on fait réagir à chaud du chlorure de benzoïle et du salicylate d'éthyle, tant qu'il se dégage de l'acide chlorhydrique. Après la réaction, la matière se prend en une masse cristallisée. (Le salicylate d'éthyle employé pour cette expérience a été préparé par un nouveau procédé qui sera indiqué plus bas.)

Le benzoate d'éthyl-salicyle est aisément soluble dans l'alcool et l'éther; par l'évaporation spontanée de sa solution éthérée, il se dépose sous la forme d'une huile qui se concrète peu à peu en formant des mamelons composés de petits prismes.

$0^{gr},301$ ont donné 0,784 d'acide carbonique et 0,144 d'eau.

Ces résultats donnent, en centièmes :

Carbone	71,03
Hydrogène	5,30
Oxygène	23,67
	100,00

D'après la réaction, on a :

$$\underbrace{C^9H^{10}O^3}_{\text{Salicylate d'éthyle.}} + \underbrace{C^7H^5OCl}_{\text{Chlorure de benzoïle.}} = HCl + \underbrace{C^{16}H^{14}O^4}_{\text{Benzoate d'éthyl-salicyle.}}$$

Les rapports $C^{16}H^{14}O^4$ exigent :

C^{16}	192	71,11
H^{14}	14	5,18
O^4	64	23,71
	270	100,00

Succinate d'éthyl-salicyle.

Ce corps s'obtient comme son homologue méthylique. Il cristallise en longues aiguilles, insolubles dans l'eau, peu solubles dans l'éther, très-solubles dans l'alcool bouillant. On peut, sans l'altérer, le faire bouillir avec une dissolution aqueuse et concentrée de potasse.

Il a été analysé par M. Drion.

0gr,300 ont donné 0,697 d'acide carbonique et 0,146 d'eau.

Ces nombres donnent, en centièmes :

Carbone	63,36
Hydrogène	5,40
Oxygène	31,24
	100,00

La réaction conduit à l'équation suivante :

$$\underbrace{2\,C^9H^{10}O^3}_{\text{Salicylate d'éthyle.}} + \underbrace{C^4H^4O^2Cl^2}_{\text{Chlorure de succinyle.}} = 2\,HCl + \underbrace{C^{22}H^{22}O^8}_{\text{Succinate d'éthyl-salicyle.}}$$

Ces rapports exigent :

C^{22}	264	63,69
H^{22}	22	5,31
O^8	128	31,00
	414	100,00

De même que son homologue méthylique, le succinate de méthyl-salicyle peut dériver de deux molécules d'eau :

$$\left.\begin{array}{r}[C^7 H^4 (C^2 H^5) O^2]^2 \\ C^4 H^4 O^2\end{array}\right\} O^2.$$

Chlorure de salicyle. Nouveau mode de préparation des éthers salicyliques.

Le nom de *chlorure de salicyle* a été donné improprement au corps que M. Piria a obtenu en traitant l'hydrure de salicyle par le chlore; dans mon opinion, le produit de cette réaction est l'hydrure de chlorosalicyle, c'est-à-dire qu'il est à l'acide chlorosalicylique ce que l'hydrure de salicyle est à l'acide salicylique. Le véritable chlorure de salicyle peut s'obtenir, d'après mes expériences, lorsqu'on fait réagir le perchlorure de phosphore sur le salicylate de méthyle (huile de gaulthéria); la réaction, très-vive déjà à froid, est accompagnée d'un abondant dégagement d'acide chlorhydrique et de chlorure de méthyle; ce n'est qu'exceptionnellement que j'ai quelquefois recueilli, en même temps, de petites quantités de chlorure de phosphoryle; mais jamais ce dernier produit n'a atteint la proportion théorique qu'on en recueille dans les autres réactions du perchlorure de phosphore. Aussi le résidu n'est pas un corps unique : après avoir été chauffé à 160 degrés, il constitue un liquide fumant, légèrement coloré; ce liquide s'échauffe au contact de l'eau, en dégageant des vapeurs abondantes d'acide chlorhydrique, en même temps qu'il se dissout de l'acide salicylique et de l'acide phosphorique.

Le liquide fumant est évidemment un mélange de chlorure de salicyle et d'une autre substance que je n'ai pas cherché à déterminer, mais qui paraît être du phosphate de salicyle (acide phosphosalicylique anhydre). Lorsqu'on met le liquide fumant en contact avec de l'alcool absolu, il se met vivement à bouillir en dégageant de l'acide chlorhydrique; si l'on distille le produit, après que l'attaque est

finie, on voit d'abord passer l'alcool employé en excès, puis la température s'élève rapidement à 230 degrés, où elle reste longtemps stationnaire; le thermomètre ne monte à la fin que lorsqu'il ne distille plus rien et que le résidu poisseux commence à se boursoufler. Le liquide qu'on recueille dans cette distillation est du *salicylate d'éthyle* (1) parfaitement incolore et bouillant d'une manière constante à 230 degrés. Comme je m'en suis assuré, ce procédé de préparation de l'éther salicylique est bien plus avantageux que celui qui consiste à distiller un mélange d'acide salicylique, d'alcool et d'acide sulfurique. (Le benzoate et le succinate d'éthylsalicyle décrits précédemment ont été préparés avec le salicylate d'éthyle obtenu par cette nouvelle méthode).

Si, dans l'expérience précédente, on substitue l'esprit de bois rectifié à l'alcool absolu, on régénère l'huile de gaulthéria (salicylate de méthyle bouillant à 220 degrés). Enfin, on peut obtenir le salicylate d'amyle en faisant réagir l'huile de pommes de terre sur le chlorure de salicyle. (*Voir* plus bas.)

Le chlorure de salicyle brut (mélangé de phosphate de salicyle?) peut être chauffé jusque vers 200 degrés, sans se décomposer, mais on ne peut pas le distiller sans qu'il s'altère profondément. Dans le but de l'obtenir pur, on a cherché à le distiller sous une pression moindre que celle de l'atmosphère : bientôt d'abondantes fumées d'acide chlorhydrique sont sorties de la pompe, et ont obligé de renoncer à l'emploi de cet appareil. En continuant la distillation sous la pression atmosphérique, on a recueilli un liquide fumant, présentant tous les caractères des chlorures organiques négatifs : chauffé avec l'eau, ce chlorure s'attaqua

(1) $0^{gr},326$ de matière ont donné 0,771 d'acide carbonique et 0,176 d'eau; ce qui fait, en centièmes :

		Calculé.
Carbone	64,5	65,0
Hydrogène	6,0	6,0

vivement et donna, après le refroidissement, des cristaux formés d'un mélange d'acide salicylique et d'acide chlorobenzoïque. Le premier de ces acides étant beaucoup plus soluble dans l'eau que le second, on peut obtenir l'acide chlorobenzoïque à l'état de pureté par des lavages répétés des cristaux précédents. On sait que M. Chiozza a déjà obtenu le chlorure de chlorobenzoïle (donnant par l'eau l'acide chlorobenzoïque), en distillant l'acide salicylique avec du perchlorure de phosphore; il est probable que, dans cette réaction aussi, le chlorure de chlorobenzoïle n'est qu'un produit secondaire de la décomposition du chlorure de salicyle, et qu'on obtiendrait également ce dernier avec l'acide salicylique et le perchlorure de phosphore, si, au lieu de distiller le mélange, on se bornait à le chauffer à 160 ou 200 degrés.

Il est impossible de séparer, par la distillation, le chlorure de chlorobenzoïle du chlorure de salicyle. Une portion de ce dernier se décompose à chaque rectification, et les points d'ébullition des deux substances semblent très-rapprochés. Cependant le chlorure de chlorobenzoïle paraît le moins volatil des deux; si l'on recueille, en effet, séparément la partie qui distille au delà de 250 degrés, on reconnaît, en la traitant par l'eau, qu'elle se transforme en acide chlorobenzoïque presque pur (1).

---

(1) D'après un grand nombre d'expériences faites dans mon laboratoire par M. Pisani, l'*acide chloronicéique* que M. Saint-Èvre a obtenu par l'action du chlore sur l'acide benzoïque dissous dans la potasse caustique, n'est que de l'acide chlorobenzoïque contenant plus ou moins d'acide benzoïque. Par de nombreuses cristallisations de l'acide chloronicéique, préparé suivant les indications de M. Saint-Èvre, M. Pisani est parvenu à extraire un produit ayant exactement les caractères et la composition de l'acide chlorobenzoïque, préparé dans mon laboratoire par M. Chiozza et par M. Drion, soit avec l'acide salicylique, soit avec l'huile de gaulthéria.

Il n'est pas douteux, d'après cela, que le *chloronicène* ne soit de la benzine monochlorée, et la *chloronicine*, de la chloraniline ou un alcali isomère.

Il est à remarquer que M. Emile Kopp n'a aussi obtenu que de l'acide

Voici une réaction d'où ressort très-bien la différence chimique que présente le chlorure fumant qu'on obtient avec le perchlorure de phosphore et l'huile de gaulthéria, suivant que ce chlorure a été ou non distillé. Lorsqu'on met le chlorure non distillé en contact avec le carbonate d'ammoniaque solide, la réaction est très-vive, et le produit se dissout tout entier dans l'eau froide; la solution contient alors du salicylate d'ammoniaque. Mais si l'on traite de même, par le carbonate d'ammoniaque, le chlorure distillé, l'eau froide laisse à l'état insoluble un corps qui n'est autre que la *chlorobenzamide* (azoture de chlorobenzoïle et d'hydrogène) :

$$N \left\{ \begin{matrix} C^7 H^4 Cl O \\ H \\ H \end{matrix} \right.$$

Cette nouvelle amide (1) cristallise en très-belles aiguilles nacrées de sa dissolution dans l'alcool ou dans l'ammoniaque; traitée par la potasse caustique bouillante, elle dégage de l'ammoniaque.

Le chlorure de phosphoryle (oxychlorure de phosphore) n'attaque pas le salicylate de méthyle, lors même qu'on fait bouillir ensemble les deux corps (2).

Salicylate d'amyle, ou hydrate d'amyl-salicyle.

Ce corps ne s'obtient pas par les procédés d'éthérification ordinaires. M. Drion est parvenu à le produire en faisant

---

chlorobenzoïque, en faisant passer du chlore au sein d'une solution d'acide benzoïque dans la soude caustique. Il serait d'ailleurs singulier que l'acide benzoïque, dont le carbone n'est pas oxydé par un agent aussi énergique qu'un mélange de chlorate de potasse et d'acide chlorhydrique, perdît du carbone dans les conditions où M. Saint-Èvre a opéré.

(1) $0^{gr},200$ ont donné 0,188 de chlorure d'argent = 23,5 pour 100 de chlore. Calcul, 23,1 pour 100.

(2) Je mentionnerai ici, en passant, un nouveau procédé de préparation du *chlorure de phosphoryle*, de beaucoup préférable à l'emploi de l'acide oxalique, que j'ai dernièrement proposé. Je me sers maintenant de l'acide

réagir l'alcool amylique et le chlorure de salicyle. Il est important, pour le succès de l'expérience, de n'opérer que sur de petites quantités de matière à la fois, autrement la réaction est fort tumultueuse, et il ne se forme que peu de salicylate d'amyle, tandis qu'on recueille une grande quantité de produits secondaires, parmi lesquels se rencontre en abondance l'hydrate de phéryle.

Le salicylate d'amyle est un liquide incolore, très-réfringent, d'une odeur agréable, et plus pesant que l'eau, dans laquelle il est insoluble. Il bout à 270 degrés.

0gr,300 ont donné 0,760 d'acide carbonique et 0,208 d'eau.

On en déduit, en centièmes :

Carbone	69,09
Hydrogène	7,66
Oxygène	23,25
	100,00

La formule

$$\left.\begin{matrix} C^7H^5O^2 \\ C^5H^{11} \end{matrix}\right\} O = \left.\begin{matrix} C^7H^4(C^5H^{11})O^2 \\ H \end{matrix}\right\} O$$

exige :

C^{12}	144	69,33
H^{16}	16	7,69
O^3	48	23,08
	208	100,00

borique cristallisé du commerce ; la réaction est d'une grande netteté, et ne nécessite aucun soin particulier. Le perchlorure de phosphore et l'acide borique se décomposent mutuellement par une légère chaleur en donnant de l'acide chlorhydrique, du chlorure de phosphoryle, et de l'acide borique anhydre ; ce dernier acide forme le résidu de la distillation.

On a d'ailleurs

$$B^2O^3, 3H^2O + 3PCl^5 = B^2O^3 + 3PCl^3O + 6HCl.$$

Cette équation conduit à employer un mélange de 1 partie d'acide borique et de 5 parties de perchlorure ; comme le mélange n'est pas bien intime, on peut prendre un peu plus d'acide borique.

pour C^7H^6O (benzoïle), C^2H^3O (acétyle), C^4H^9O (butyryle); la même dérivation conduit à placer l'hydrure de salicyle avec les hydrures de benzoïle et d'acétyle, la salicylamide avec la benzamide et l'acétamide, l'acide salicylique anhydre avec l'acide benzoïque et l'acide acétique anhydres, etc. Il y a donc un nombre fort considérable d'analogies qu'on exprime en dérivant l'acide salicylique d'une molécule d'eau.

Si, comme le veut M. Piria, on déduit l'acide salicylique de *deux* molécules d'eau, cette notation, il est vrai, exprime les analogies qu'il peut offrir, dans quelques cas particuliers, avec des acides bibasiques comme l'acide tartrique ou l'acide oxalique, mais elle laisse entièrement en dehors l'hydrure de salicyle, l'acide salicylique anhydre, la salicylamide, et le plus grand nombre des autres composés salicyliques. C'est pour cela que j'ai donné la préférence à la première notation.

Au reste, je ne saurais assez le répéter, il est parfaitement inutile de discuter sur la valeur des formules dites rationnelles : comme elles n'expriment que des rapports, que des analogies, les meilleures formules sont celles qui expriment le plus de rapports, le plus d'analogies, et qui inspirent de nouvelles découvertes. Discuter sur la question de savoir s'il faut représenter l'acide salicylique comme un acide monobasique ou comme un acide bibasique, me paraît tout aussi oiseux que de chercher à démontrer que le cacodyle n'est pas un arséniure, mais qu'il est un métal (un radical composé). Dans la série des combinaisons que nous appelons oxyde de méthyle, chlorure de méthyle, sulfate de méthyle, le cacodyle représente évidemment le terme arséniure; vis-à-vis d'autres combinaisons, que nous appelons oxyde de cacodyle, sulfure de cacodyle, le même cacodyle représente le terme métal. On dérivera donc à volonté le cacodyle du type métal ou du type arséniure, suivant les analogies qu'on voudra formuler. Il en est ainsi de l'acide

salicylique : on pourra le considérer comme monobasique ou bibasique, c'est-à-dire le dériver d'une ou de deux molécules d'eau, selon les analogies qu'il s'agira de faire ressortir.

ACTION DE L'EAU,

A une haute température et sous une forte pression, sur les pyrophosphates, métaphosphates, cyanures, etc.;

Par M. ALVARO REYNOSO.

Les expériences qui font l'objet de ce travail ont été faites dans les conditions suivantes : On met la substance avec de l'eau dans un tube de verre vert fermé par un bout, puis on scelle l'autre bout à la lampe, et l'on introduit le tube dans un canon de fusil fermé au marteau à l'une de ses extrémités et à l'autre par une vis en fer. On place ce canon de fusil dans un bain d'huile qu'on chauffe de 280 à 300 degrés, pendant cinq à six heures. Il faut opérer dans ces conditions pour se mettre à l'abri des accidents qui arrivent fréquemment. Dans ces conditions, l'expérience est moins dangereuse. Il faut cependant ne négliger aucune autre précaution, car quelquefois les canons de fusil sont projetés à de grandes distances quand les tubes font explosion. L'huile aussi peut être projetée et prendre feu. Un autre accident qui arrive, surtout quand l'huile est chauffée pour la première fois, c'est qu'elle s'enflamme par suite de la mousse qu'elle produit.

Pyrophosphates. — Les pyrophosphates de potasse et de soude, chauffés avec de l'eau à 280 degrés, régénèrent simplement le phosphate de potasse et de soude de la formule

$$(PhO^5, 2MO, HO).$$

Quand on chauffe avec de l'eau un pyrophosphate susceptible de former un phosphate insoluble, on le dédouble

en phosphate acide qui reste dans la liqueur, et en phosphate tribasique qui se dépose presque toujours cristallisé. Voici la formule générale de cette réaction :

$$(PhO^5, 2MO)^2 + 2HO = PhO^5 3MO + PhO^5 MO, 2HO.$$

Cependant la réaction n'est pas toujours aussi simple, quand le phosphate acide est susceptible d'éprouver une décomposition par la chaleur ; alors le phosphate acide lui-même se décompose en phosphate tribasique et en acide phosphorique qui reste dans la liqueur,

$$(PhO^5 MO, 2HO)^3 = PhO^5 3MO + (PhO^5 3HO)^2;$$

de manière qu'alors il ne reste dans la liqueur rien autre chose que de l'acide phosphorique, et tout le phosphate métallique est dans le précipité.

J'ai pensé qu'il pouvait se présenter d'autres cas dans lesquels le phosphate acide, en réagissant sur le phosphate tribasique, donnerait naissance à du phosphate ordinaire de la formule PhO^5, 2MO, HO. Cependant cela n'arrive jamais avec un pyrophosphate capable de former un phosphate tribasique insoluble, comme j'en ai acquis la certitude en chauffant pendant quarante-huit heures du phosphate acide d'argent avec du phosphate tribasique.

La décomposition du phosphate acide peut être partielle ou complète.

Les pyrophosphates de zinc, argent, cobalt, nickel et cadmium, chauffés avec de l'eau, se dédoublent en phosphates acides qui restent dans la liqueur, et phosphates tribasiques qui se précipitent. La réaction est fort nette pour le pyrophosphate d'argent qui étant blanc, chauffé avec de l'eau, devient phosphate tribasique jaune qui se décante très-bien et phosphate acide qui reste dans la liqueur.

Les pyrophosphates de plomb, cuivre et fer se dédoublent aussi en phosphates acides et phosphates tribasiques ; mais les phosphates acides sont partiellement décomposés, de

manière qu'il reste des quantités plus ou moins grandes de phosphate acide en dissolution.

Enfin les pyrophosphates d'urane et de chaux se dédoublent en acide phosphorique et en phosphate tribasique, par suite de la décomposition du phosphate acide. Avec le pyrophosphate de chaux, il reste quelquefois des traces inappréciables de chaux en dissolution pendant que la quantité d'acide phosphorique libre est très-considérable.

Le phosphate acide de chaux, chauffé avec de l'eau à 280 degrés, se décompose en phosphate tribasique et en acide phosphorique ; mais la décomposition n'est jamais aussi complète que celle qui a lieu dans le phosphate acide à l'état naissant produit dans la décomposition du pyrophosphate : de plus, elle est plus longue à s'effectuer, et il se produit du phosphate de chaux cristallisé.

Les phosphates acides présentent quelques propriétés communes ; tous sont précipités par l'alcool absolu, et il se produit du phosphate tribasique hydraté amorphe, et de l'acide phosphorique qui reste dans la liqueur, avec plus ou moins de phosphate acide qui n'est pas précipité complétement par l'alcool.

Le phosphate qu'on obtient en précipitant le phosphate acide de cobalt par l'alcool est d'un rose tendre, et a pour formule

$$PhO^5, 3CoO, 8HO.$$

Celui de zinc a pour formule

$$PhO^5, 3ZnO, 6HO.$$

Tous ces phosphates acides ont la propriété de dissoudre une certaine quantité de phosphate tribasique, qu'ils abandonnent par l'ébullition. Tous se présentent sous la forme de masses gommeuses, n'ayant aucune apparence de cristallisation.

Les phosphates tribasiques obtenus sont tous hydratés, et pour la plupart cristallisés.

Le phosphate de cuivre est d'un vert foncé un peu jaunâtre. Il se présente en octaèdres faiblement aigus, et sous l'apparence de cristaux groupés en croix, rectangulaires, à branches très-courtes. Les octaèdres paraissent semblables à ceux du phosphate de cuivre naturel, à 6 pour 100 d'eau.

Le phosphate de cobalt présente les mêmes formes que celui de cuivre, mais les cristaux sont plus petits. Il est rose, et, chauffé, il perd son eau et devient bleu-rosé.

Le phosphate de chaux se présente en tables rectangulaires.

Le phosphate de chaux provenant du phosphate acide chauffé se présente en prismes mal définis, à sommets tronqués.

Le phosphate de zinc a été obtenu sous deux formes : 1° en gros prismes aplatis, offrant des modifications symétriques sur toutes leurs arêtes horizontales; 2° en lamelles.

Le phosphate de plomb se présente en tables rhomboïdales.

Tous ces cristaux, excepté ceux de cuivre et de cobalt, qu'on n'a pas examinés, interposés sur le trajet de la lumière polarisée, font reparaître l'image et donnent des couleurs à travers le prisme analyseur.

J'ai eu occasion d'observer d'autres propriétés dans les phosphates. Le phosphate d'argent chauffé dans une capsule de platine avant le rouge, se fonce en couleur et devient rouge-orangé foncé, et, par le refroidissement, reprend sa couleur primitive.

Le pyrophosphate de soude bouilli avec le bichlorure de mercure produit de l'oxychlorure de mercure de la formule

$$(HgCl, 4HgO).$$

Le pyrophosphate d'urane, quand il vient d'être précipité, est grenu. Mis sur un filtre et abandonné à lui-même pendant quelques jours, il s'agglomère, devient transparent, très-cassant, et présente une cassure conchoïde.

Le même phénomène se présente pour le pyrophosphate de nickel.

Métaphosphates. — Les métaphosphates chauffés avec de l'eau à 280 degrés se dédoublent en phosphates tribasiques, phosphates acides et acide phosphorique :

$$(PhO^5, MO)^6 + 12\,HO = PhO^5, 3\,MO$$
$$+ (PhO^5 MO, 2\,HO)^3 + (PhO^5 3\,HO)^2.$$

Quand les phosphates acides ne peuvent exister à 280 degrés, alors les métaphosphates se dédoublent en phosphates tribasiques et acide phosphorique. Cela arrive avec le métaphosphate de chaux :

$$(PhO^5 CaO)^6 + 12\,HO = (PhO^5 3\,CaO)^2 + (PhO^5 3\,HO)^4.$$

Iodure et bromure de cyanogène. — M. Pelouze ayant découvert que l'acide cyanhydrique se décompose dans l'eau en formiate d'ammoniaque, et comme l'iodure et le bromure de cyanogène peuvent être considérés comme de l'acide cyanhydrique, dans lequel le brome et l'iode remplacent l'hydrogène, j'ai voulu savoir quelle serait l'action de l'eau sur ces composés.

Soumis à l'action de l'eau à 280 degrés, ils se dédoublent en acide carbonique et en iodhydrate ou bromhydrate d'ammoniaque :

$$C^2 Br N + 4\,HO = (CO^2)^2 + Br H, NH^3,$$
$$C^2 IN + 4\,HO = (CO^2)^2 + IH, NH^3.$$

Cependant ces produits doivent être ceux d'une réaction secondaire, car il devrait se former du formiate iodé ou bromé d'ammoniaque. Or, comme l'acide formique bromé ou iodé ne peut exister sans se décomposer en acide carbonique et acide iodhydrique ou bromhydrique, on conçoit facilement la réaction.

Cyanures. — Les cyanures d'argent et de mercure chauffés dans des tubes fermés à 280 degrés se décomposent en

carbonate d'ammoniaque, et en argent et mercure métalliques. L'argent est quelquefois très-bien cristallisé.

Les autres cyanures se décomposent en formiate et carbonate d'ammoniaque, et en oxydes métalliques.

Les cyanoferrure et cyanoferride de potassium se décomposent complétement en formiate de potasse, carbonate d'ammoniaque et oxydes de fer.

Sulfocyanures. — Le sulfocyanure de potassium chauffé avec de l'eau à 280 degrés se décompose en bicarbonate de potasse et en sulfhydrate de sulfure d'ammonium,

$$C^2NKS^2 + 6HO = (CO^2)^2KO, HO + (SH)^2NH^3.$$

Bases organiques. — Je n'ai pas étudié toutes les bases organiques sous ce point de vue. Mais, d'après quelques expériences que j'ai faites, je pense pouvoir conclure que les bases organiques, chauffées avec de l'eau à 240 ou 260 degrés, produisent les mêmes bases volatiles que chauffées avec de la potasse. Ainsi j'ai obtenu avec la narcotine de la métacétamine, et avec la quinine de la quinoléine. On se rappelle que cette dernière base a été obtenue par M. Gerhardt en chauffant les alcalis caustiques avec la quinine.

Extrait d'une Lettre de M. VICAT à M. DUMAS, résumant ses dernières recherches sur les matériaux hydrauliques propres aux travaux à la mer.

En passant par une série d'essais très-variés, et en suivant un procédé d'investigation nouveau, je suis parvenu à reconnaître trois classes de composés hydrauliques très-distinctes : 1° ceux qui résistent en mer libre par leur propre vertu, indépendamment de la protection des enduits végétaux et des sécrétions animales dont la mer les tapisse; 2° ceux qui ne parviennent à résister que grâce à ces mêmes enduits; 3° et enfin ceux qui périssent nonobstant des se-

cours que la mer tend à opposer à sa propre action destructive. Lorsque les mêmes causes générales agissent sur les composés de ces trois classes, certaines d'entre elles peuvent devenir pour les uns de vrais agents de conservation et pour les autres des moyens puissants de désagrégation.

Il résulte en effet des faits nouveaux bien constatés, que des composés hydrauliques très-médiocres sont stables en certains parages et périssables sur d'autres; la mer libre est donc pour la stabilité des composés qu'elle baigne *le plus indécis, le plus suspect des appréciateurs*, et ce n'est pas de ses éléments accidentels si variables suivant les parages, acide carbonique, végétations sous-marines, puissance incrustante en raison de la quantité locale des mollusques et lithophytes qu'elle nourrit, etc., qu'il faut attendre une appréciation de la valeur intrinsèque des composés hydrauliques; il faut au contraire étudier l'action spécifique des sels destructeurs qu'elle contient, isolés de tous les éléments hétérogènes propres à en masquer l'effet.

C'est dans cet esprit que j'ai procédé, et de manière à pouvoir toujours, par les résultats du laboratoire, conclure à fortiori pour *les cas pratiques*. C'est en procédant ainsi que je suis parvenu à constater les propriétés générales des pouzzolanes artificielles fournies par la cuisson modérée et sous forme pulvérulente de toutes les argiles pures réfractaires (ou à très-peu près), propriétés qui résolvent sous certaines conditions d'emploi le problème de résistance à l'eau de mer, indépendamment de tous ces enduits sous-marins et conséquemment des erreurs auxquelles ils donnent lieu.

Le dernier complément de ces résultats paraît donné par les mêmes argiles réduites en pouzzolanes et combinées avec 10 ou 15 pour 100 de magnésie caustique au lieu de chaux (ainsi que mon fils l'a constaté dans un Mémoire adressé à la Société d'Encouragement). Si le prix de cette base pouvait descendre à 150 ou 200 francs la tonne, on

pourrait fabriquer des bétons susceptibles d'être immergés à toute profondeur à l'état pâteux, sans encaissement ni batardeaux, ce qui n'est pas possible sans avaries plus ou moins graves quand on emploie des bétons où la chaux n'est encore que *mélangée* au lieu d'être combinée avec la pouzzolane.

Ce fait chimique de bétons ou gangues à pouzzolane sans chaux n'en est pas moins nouveau, et il y a dans ce fait un avenir plus important qu'on ne pense pour la durée des travaux à la mer.

MÉMOIRES SUR LA CHIMIE PUBLIÉS A L'ÉTRANGER.

PAR M. ADOLPHE WURTZ.

Sur des combinaisons organiques renfermant des métaux; par M. E. Frankland (1).

Second Mémoire présenté à la Société royale de Londres, le 15 mars 1855.

Ce Mémoire, qui fait suite à celui dont nous avons donné l'analyse il y a quelque temps (2), traite de la préparation et des propriétés du zinkéthyle.

On obtient ce radical organique en décomposant l'iodure d'éthyle par le zinc dans des tubes bouchés. Pour faire cette opération sans danger, on peut employer l'appareil suivant, qui permet d'opérer sur de grandes quantités, et que les chimistes pourront employer dans d'autres expériences semblables.

AA, *fig.* 1, est un vase cylindrique en fer forgé, long de 50 centimètres, épais de 17 millimètres; le diamètre intérieur portant 8 centimètres. Son ouverture est garnie d'un rebord

---

(1) *Journal praktische Chemie*, tome LXV, page 22.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, tome XXXIX, page 224. M. Franckland a indiqué, dès 1849, le mode de formation, la composition et quelques propriétés du zincométhyle. On lui doit, par conséquent, les premières notions précises sur les radicaux renfermant des métaux, et l'honneur de cette découverte lui revient incontestablement. (A. W.)

BB, large de 37 millimètres et épais de 17 millimètres, et

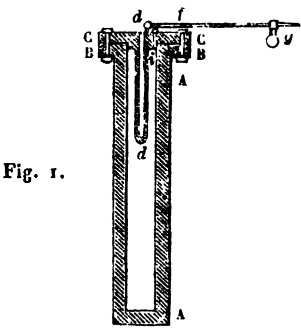


Fig. 1.

dont la surface supérieure est parfaitement dressée ; le bord interne de cette surface est légèrement creusé, et présente, par conséquent, une dépression annulaire. C'est sur ce rebord que doit s'ajuster le couvercle CC, portant, au centre, une élévation qui s'engage exactement dans l'ouverture du cylindre ; ce couvercle est percé lui-même de deux ouvertures. A l'une d'elles s'adapte un tube en fonte *dd*, fermé à la partie inférieure, et destiné à recevoir du mercure pour y plonger un thermomètre ; l'autre ouverture est garnie de laiton, et sert à recevoir la soupape *i*, formée par un bout de fil de cuivre très-fort, muni d'une tête aplatie, et s'appliquant exactement sur la surface du couvercle. Le rebord du cylindre et son couvercle sont percés en quatre endroits, et s'adaptent l'un à l'autre au moyen de quatre boulons à vis. La pression de ces vis s'exerce sur un cercle en plomb, qui s'engage dans la dépression circulaire du rebord. Cette fermeture est parfaitement hermétique, et résiste à une pression de plus de 100 atmosphères. Pour se servir de ce digesteur, on le remplit d'eau, dans laquelle on plonge les tubes renfermant les matières destinées à réagir. Lorsque la température s'élève, les tubes sont soumis non-seulement à la pression que développe la tension des liquides qu'ils renferment, mais encore à celle de l'eau ou de la vapeur extérieure qui s'exerce en sens contraire. Ils

se trouvent ainsi dans de bonnes conditions de résistance.

Pour préparer les combinaisons organiques renfermant du zinc, on peut aussi se servir de l'appareil suivant, qui est en cuivre battu.

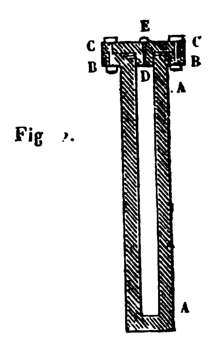


Fig 2.

AA, *fig.* 2, est un cylindre en cuivre fait d'une seule pièce et sans soudure, long de 50 centimètres, épais de 13 millimètres, et d'un diamètre intérieur de 4 centimètres. A une extrémité, il est fermé par une plaque qui s'y trouve vissée; à l'autre, les parois se recourbent horizontalement pour former le rebord BB, large de 5 centimètres, et épais de 27 millimètres. Sur ce rebord s'applique un couvercle CC, portant au centre une élévation circulaire de 27 millimètres de hauteur, et qui s'applique exactement dans l'ouverture du cylindre. Le couvercle est percé au milieu pour recevoir la vis ED; le système de fermeture est le même que celui qu'on vient de décrire. Lorsqu'on veut recueillir les gaz qui se dégagent pendant l'opération, on remplace la vis ED par un bon robinet auquel on peut adapter un tube de dégagement.

Ce petit appareil peut être plongé dans un bain d'huile cylindrique G, chauffé au moyen d'un fourneau à gaz que représente la *fig.* 3.

AAAA est un support en fer, recouvert d'un cylindre en tôle BB, fermé à la partie inférieure où se trouve le régulateur C. En DD sont pratiquées deux ouvertures pour le

passage des gaz provenant de la combustion. Pour éviter

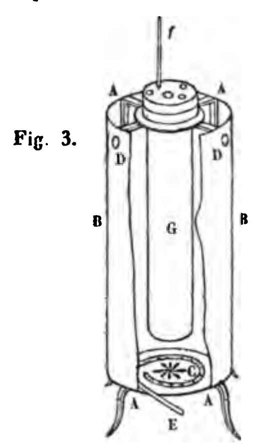


Fig. 3.

le refroidissement par le rayonnément, on peut recouvrir d'une feuille d'étain poli la surface extérieure du cylindre en tôle. Le gaz qui alimente ce fourneau s'échappe par dix-huit à vingt ouvertures pratiquées dans le tube de cuivre E. Le thermomètre F plonge dans le bain d'huile (1).

Cet appareil en cuivre résiste à une pression énorme, et peut servir à la préparation de 120 à 150 grammes de zinkéthyle.

A cet effet, on commence par le chauffer à 150 degrés, et on y introduit ensuite 120 grammes de zinc finement grenaillé et préalablement chauffé. Il est essentiel que le métal soit complétement privé d'eau, car les radicaux renfermant du zinc se décomposent au contact de l'eau en oxyde de zinc et en hydrure du radical alcoolique.

Le zinc étant introduit dans le vase en cuivre, on visse le couvercle et on laisse refroidir.

D'un autre côté, on mélange 60 grammes d'iodure d'éthyle avec un volume égal au sien d'éther préalablement

(1) Ce fourneau à gaz sert aussi pour chauffer l'appareil en fer (*fig.* 1), où l'on supprime le bain d'huile.

distillé sur le carbonate de chaux, et privé d'eau au moyen de l'acide phosphorique anhydre (1). Ce liquide est introduit dans le digesteur par l'ouverture D, que l'on ferme au moyen du bouchon E. L'appareil est ensuite chauffé pendant douze à dix-huit heures à 120 degrés. Au bout de ce temps, il ne reste que des traces d'iodure d'éthyle non décomposé.

Après le refroidissement complet, on enlève la vis E pour laisser échapper le gaz qui s'est formé, et qui consiste principalement en hydrure d'éthyle. La quantité de ce gaz est très-petite, quand on a eu soin de dessécher parfaitement les matières employées. On engage ensuite dans l'ouverture D un bouchon portant un tube en verre, convenablement recourbé, pour la distillation du contenu volatil de l'appareil. Comme le zinkéthyle s'enflamme à l'air et est décomposé instantanément par l'eau, il est nécessaire que les vaisseaux dans lesquels on le recueille soient remplis de gaz carbonique.

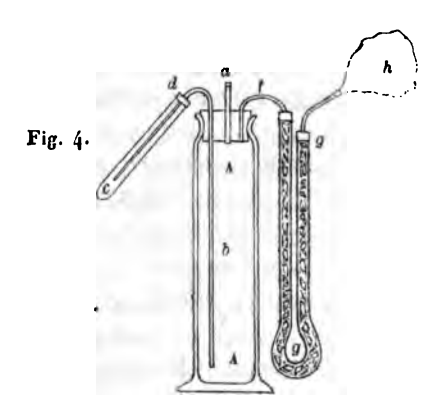
On chauffe l'appareil dès que l'air en a été complétement chassé. Les premières portions du liquide qui distille sont de l'éther presque pur. Vers 140 degrés il passe beaucoup de zinkéthyle; mais ce n'est que vers 190 degrés que les dernières parties de ce composé se volatilisent. Pour l'obtenir à l'état de pureté, il faut le séparer de l'éther par la distillation fractionnée. On emploie pour cela un récipient rempli d'acide carbonique, et représenté *fig.* 4.

AA est un tube de verre qui est fermé par un bon bouchon recouvert d'un vernis à la gutta-percha. Ce bouchon est traversé par trois tubes. L'un d'eux *a* sert à recevoir le col effilé de la cornue dans laquelle on veut distiller le zinkéthyle. Le tube *b*, qui plonge jusqu'au fond du tube AA, se recourbe à angle aigu à la partie supérieure, traverse le bouchon *d* et se termine en une pointe capillaire *c*, que le

(1) L'éther empêche la formation des produits gazeux, dans cette expérience où presque tout l'iodure d'éthyle se transforme en zinc d'éthyle.

petit tube *e* sert à garantir du contact de l'air. Le troisième tube *f* met le tube AA en communication avec le tube à

Fig. 4.



chlorure de calcium *gg*, à l'extrémité duquel est fixé le ballon de caoutchouc *h*, rempli d'acide carbonique. En pressant sur ce ballon, on peut facilement transvaser une certaine quantité du liquide contenu en AA.

Le liquide qu'on veut distiller commence à bouillir à 60 degrés ; mais le thermomètre s'élève peu à peu à 118 degrés, point où le zinkéthyle passe. On laisse refroidir l'appareil, on adapte le récipient qui vient d'être décrit, et on continue ensuite la distillation.

La composition du zinkéthyle est représentée par la formule

$$C^4 H^5 Zn.$$

Elle a été déterminée par l'analyse organique et par la décomposition au moyen de l'eau acidulée. Il s'est formé de l'hydrure d'éthyle dont la quantité a été déterminée.

La densité de vapeur du zinkéthyle, prise par le procédé de Gay-Lussac, a été trouvée de 4,259. Sa densité théorique serait de 4,251, l'équivalent C^4H^5Zn correspondant à 2 volumes de vapeur (1). Cette densité de vapeur peut

(1) Cette densité de vapeur du zinkéthyle prouve que sa constitution

nous donner un premier aperçu relativement à la densité de vapeur de la classe de métaux à laquelle appartient le zinc. On a admis jusqu'ici que l'équivalent de ces métaux affectait le même volume que celui de l'hydrogène ; mais le volume de vapeur de l'équivalent du zinkéthyle semble contredire cette hypothèse.

Quoique ce radical se distingue par des affinités très-énergiques qui le placent en tête des corps électropositifs, il est néanmoins incapable de se combiner directement aux radicaux électronégatifs ; car toutes ses réactions sont des doubles décompositions dans lesquelles ses éléments se séparent.

Lorsqu'on délaye quelques gouttes de zinkéthyle dans de l'éther pour prévenir son inflammation, et qu'on introduit ce liquide dans un tube rempli d'air et placé sur la cuve à mercure, l'oxygène est absorbé rapidement, et il se forme une masse blanche, amorphe, formée de zinc, d'éthyle et d'oxygène. Cette masse n'est cependant pas de l'oxyde de zinkéthyle, mais bien un mélange de différentes substances dont la composition n'est pas encore bien établie.

Au contact de l'oxygène ou de l'air atmosphérique le zinkéthyle s'enflamme instantanément et brûle avec une belle flamme bleue bordée de vert, et en répandant une fumée blanche. Un corps froid que l'on tient dans la flamme se recouvre de taches noires bordées de blanc.

---

doit être représentée par la formule

$$\left.\begin{matrix} C^4H^5Zn \\ C^4H^5Zn \end{matrix}\right\} = 4 \text{ vol. de vapeur.}$$

Le zinkéthyle constitue donc à l'état de liberté, une molécule double comme les radicaux alcooliques eux-mêmes. Seulement il appartient à un autre type : tandis que ceux-ci rentrent dans le type hydrogène, le zinkéthyle appartient au type eau, comme le fait remarquer M. Frankland. Il affecte par conséquent une condensation double de celle que possède l'hydrogène libre, et peut être envisagé comme dérivant d'un hydrogène deux fois condensé $H^2H^2 = 4$ vol. (A. W.)

L'oxydation du zinkéthyle s'accomplit d'une manière plus régulière, lorsqu'on dirige lentement un courant d'oxygène dans ce radical mélangé avec trois fois son volume d'éther; si l'on a soin d'agiter continuellement le liquide il se forme un précipité blanc. Dès que l'oxydation est complète, on fait passer à travers l'appareil un courant d'air jusqu'à ce que l'éther soit complétement enlevé. Le résidu desséché dans une cloche par l'acide sulfurique se présente sous la forme d'une masse blanche, poreuse, amorphe et douée d'une odeur éthérée. Lorsqu'on la chauffe, cette matière n'éprouve aucune altération jusqu'à 90 degrés, où elle se décompose avec une sorte d'explosion et en laissant un résidu jaune, lequel laisse dégager continuellement un gaz inflammable, lorsqu'on le porte de 150 degrés au rouge. L'analyse qui a été faite de cette substance et l'examen de ses propriétés semblent démontrer qu'elle est formée par un mélange de plusieurs corps.

Elle est énergiquement décomposée par l'eau avec formation d'oxyde de zinc et d'alcool. Cette réaction semble démontrer que le produit de l'oxydation du zinkéthyle renferme principalement de l'éthylate de zinc

$$ZnO, C^4H^5O$$

que l'eau décompose en hydrate de zinc et en alcool,

$$ZnO, C^4H^5O + 2HO = C^4H^5O, HO + ZnO, HO.$$

On a découvert en outre une certaine quantité d'acétate de zinc et d'hydrate de zinc parmi les produits d'oxydation du zinkéthyle. La réaction de l'oxygène sur ce radical en présence de l'éther peut donc être exprimée par les équations suivantes :

I. $C^4H^5Zn + O^2 = C^4H^5O, ZnO.$

II. $C^4H^5Zn + C^4H^5O + O^4 = ZnO, C^4H^3O^3 + C^4H^5H + HO.$

III. $C^4H^5O, ZnO + 2HO = ZnO, HO + C^4H^5O, HO.$

La formation de l'éthylate de zinc dans cette circonstance est un fait digne d'intérêt.

Action de l'iode sur le zinkéthyle. — Lorsqu'on ajoute quelques centigrammes d'iode à du zinkéthyle, il se manifeste une réaction extrêmement énergique et accompagnée d'un dégagement de chaleur et de lumière. En présence de l'éther, cette réaction est plus modérée. Pour l'étudier, on a refroidi à — 20° une solution de zinkéthyle dans l'éther anhydre, et on a ajouté peu à peu une solution d'iode dans l'éther anhydre, et finalement de l'iode en poudre fine, jusqu'à ce qu'une faible coloration de la liqueur indiquât que l'iode avait été ajouté en léger excès. Une portion de cette liqueur, évaporée dans le vide, a laissé un résidu blanc et cristallin d'iodure de zinc. Une autre portion a donné par la distillation fractionnée de l'éther et de l'iodure d'éthyle. Ces expériences démontrent que les éléments du zinkéthyle se séparent en présence de l'iode, qui se porte et sur le zinc et sur l'éthyle, comme le montre l'équation suivante :

$$C^4 H^5 Zn + I^2 = C^4 H^5 I + Zn I.$$

La réaction du brome sur le zinkéthyle est très-énergique et accompagnée d'explosions dangereuses, même lorsqu'on mélange des solutions éthérées refroidies. Pour l'étudier, il faut suspendre un tube contenant du brome dans un flacon renfermant une solution éthérée de zinkéthyle. Les vapeurs de brome sont absorbées peu à peu, et il se forme du bromure d'éthyle et du bromure de zinc.

Le zinkéthyle s'enflamme dans le chlore, il se forme de l'acide chlorhydrique, du chlorure de zinc, et il se dépose du charbon.

Action du soufre sur le zinkéthyle. — La fleur de soufre, soigneusement desséchée, réagit à peine sur une solution éthérée de zinkéthyle ; mais, lorsqu'on chauffe doucement, le soufre disparaît peu à peu ; il se forme un précipité blanc,

floconneux, et il se manifeste une odeur de sulfure d'éthyle. Le principal produit de cette réaction est le mercaptide de zinc,

$$C^4 H^3 Zn + S^2 = \underbrace{C^4 H^5 S, Zn S.}_{\text{Mercaptide de zinc.}}$$

D'un autre côté, il paraît se former une petite quantité de sulfure de zinc et de sulfure d'éthyle libre.

Action de l'eau sur le zinkéthyle. — L'eau décompose instantanément le zinkéthyle avec formation d'oxyde de zinc et d'hydrure d'éthyle,

$$H^4 C^5 Zn + HO = C^4 H^5, H + Zn O.$$

Les acides étendus d'eau et les hydracides décomposent de même le zinkéthyle en hydrure d'éthyle et en sels de zinc.

Sur un nouveau mode de formation de l'Amarine et de la Lophine; par M. Gössmann (1).

La distillation du sulfite d'aldéhyde ammoniaque avec la chaux donnant naissance à l'éthylamine (2), on pouvait espérer que les combinaisons correspondantes des autres aldéhydes donneraient lieu, dans ces circonstances, à la formation d'autres alcaloïdes. L'expérience a confirmé cette prévision en ce qui concerne la combinaison du bisulfite d'ammoniaque avec l'essence d'amandes amères, qui donne de l'amarine et de la lophine lorsqu'on la distille avec de l'hydrate de chaux.

La combinaison du bisulfite d'ammoniaque avec l'essence d'amandes amères a été préparée, d'après les indications de M. Bertagnini, en ajoutant à une solution alcoolique concentrée de bisulfite d'ammoniaque une quantité convenable d'essence d'amandes amères. Par le refroidis-

---

(1) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, nouvelle série, t. XVII, p. 329.
(2) Gössmann, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XLII, p. 126.

sement et par le repos, il se forme des cristaux que l'on dessèche parfaitement et que l'on mélange avec trois ou quatre fois leur volume d'hydrate de chaux bien sec; le mélange est introduit dans une cornue, recouvert de quelques fragments de chaux caustique, et chauffé au bain d'huile à environ 180 à 200 degrés. A cette température l'amarine distille et recouvre le col de la cornue d'une croûte blanche, amorphe, qui fond bientôt et se rassemble en gouttes dans le récipient. Quand l'opération est terminée, on trouve la panse et la voûte de la cornue recouverte d'une autre substance cristalline, qui n'est autre chose que la lophine.

L'amarine purifiée par dissolution dans l'acide chlorhydrique et précipitation par l'ammoniaque, a donné un chlorhydrate renfermant

$$C^{42}H^{18}Az^2, HCl.$$

Quant à la lophine, quelques cristallisations dans l'alcool suffisent pour la rendre parfaitement pure.

MÉMOIRES SUR LA PHYSIQUE PUBLIÉS A L'ÉTRANGER.

EXTRAITS PAR M. VERDET.

Sur l'existence d'un milieu magnétique dans l'espace; par M. Tyndall (1).

Dans ses recherches sur le magnétisme de tous les corps, M. Edmond Becquerel a proposé de supprimer la distinction des corps diamagnétiques et des corps magnétiques en admettant que le vide était doué d'un pouvoir magnétique supérieur à celui de tous les corps qui paraissent repoussés par les pôles des aimants. Cette hypothèse du magnétisme

---

(1) *Philosophical Magazine*, 4e série, tome IX, page 208; mars 1855.

de l'espace, qui n'a pas d'abord obtenu l'assentiment de la plupart des physiciens, et contre laquelle M. Plücker et M. Faraday ont particulièrement présenté de fortes objections, a été récemment reprise par M. Faraday lui-même dans divers Mémoires sur la théorie du magnétisme qu'il a insérés dans les *Transactions philosophiques* (1). A l'occasion de cette publication, M. Tyndall a adressé à M. Faraday une lettre qui contient quelques considérations qui nous semblent décisives. Nous allons reproduire textuellement cette partie de la lettre de M. Tyndall.

« Supposons, dit M. Tyndall, qu'un cube formé avec de la poussière de carbonate de fer rendue cohérente d'une manière quelconque et fortement comprimée dans une direction soit placé à l'extrémité du levier d'une balance de torsion, de manière que la ligne de plus grande compression coïncide avec la direction du levier. Si l'on approche un aimant dont l'axe soit perpendiculaire au levier, le cube sera attiré, et l'intensité de l'attraction à une distance donnée pourra être exactement mesurée par la torsion du fil de la balance.

» Soit a la mesure de cette attraction. Si l'on fait tourner le cube de 90 degrés, de manière que la ligne de compression soit perpendiculaire au levier de la balance, on obtiendra une nouvelle mesure a' de l'attraction qu'exerce l'aimant sur le cube placé à la même distance que dans la première observation. L'expérience montre que a' est plus grand que a; en d'autres termes, l'attraction est la plus

(1) Les Mémoires de M. Faraday forment la 28e, la 29e et la 30e série de ses *Recherches expérimentales sur l'électricité*, et sont insérés dans les *Transactions philosophiques* pour 1852 et pour 1855. Si l'on veut avoir une idee complète des vues théoriques de M. Faraday, il faut joindre à ces travaux quelques Notes publiées en 1854 et 1855 dans le *Philosophical Magazine*. L'étendue de ces diverses publications ne nous permet pas d'en insérer une traduction textuelle dans ces *Annales*, et d'un autre côté il ne nous a pas semblé possible qu'une simple analyse rendît d'une manière tout à fait complète et fidèle la pensée de M. Faraday. (V.)

grande possible quand elle s'exerce parallèlement à la ligne de plus grande compression (1).

» Au lieu de carbonate de fer nous pouvons employer d'autres substances beaucoup moins magnétiques, et nous obtiendrons précisément le même résultat. Imaginons maintenant que la capacité magnétique du cube aille en diminuant et devienne exactement égale à celle du milieu, gazeux ou liquide, où il est plongé. Si le cube était parfaitement homogène et également attiré dans toutes les directions, nous arriverions à un point, où son *poids magnétique*, s'il est permis d'employer cette expression, serait égal à celui d'un volume égal du milieu extérieur, et nous aurions ainsi une substance entièrement soustraite à l'action du magnétisme. Un tel corps ne serait ni attiré ni repoussé par un aimant. Mais dans un cube comprimé, le poids magnétique varie avec la direction de la force; si on le suppose égal à celui du milieu extérieur lorsque la force agit parallèlement à la ligne de plus grande compression, il sera plus petit lorsque la force agira perpendiculairement à la ligne de plus grande compression. Suivant la première direction, le cube paraîtra insensible à l'action du magnétisme; suivant la deuxième direction, il se comportera comme un corps diamagnétique. Si la capacité magnétique du cube diminue encore et devient inférieure à celle de l'espace, il deviendra, suivant l'hypothèse de M. Faraday, un corps diamagnétique. Or il est évident, d'après ce qui précède, que dans ce cas la répulsion apparente exercée sur le cube sera *moindre* suivant la direction de la ligne de compression que suivant la direction perpendiculaire.

» Ainsi, en admettant que l'espace est un milieu magnétique, nous arrivons à une conclusion qui peut être soumise à l'épreuve de l'expérience. A ce qu'il me semble,

---

(1) Voyez à ce sujet les Mémoires de M. Tyndall antérieurement analysés dans ces *Annales*.

l'expérience est contraire à l'hypothèse; car dans les corps diamagnétiques, la répulsion est *maxima* suivant la ligne de plus grande compression. Il me semble impossible de concilier ce fait avec l'hypothèse qui ramène le diamagnétisme à n'être qu'un cas particulier du magnétisme ordinaire.

» La question peut être encore éclaircie par l'examen des propriétés des cristaux isomorphes. Il n'est pas contesté maintenant, à ce qu'il me semble, que l'effet du magnétisme sur les cristaux dépend de leur structure moléculaire, et je crois qu'on ne doutera pas non plus qu'un cristal de carbonate de fer ait la même structure moléculaire qu'un cristal isomorphe de carbonate de chaux. Dans la charpente de ce dernier cristal, le calcium occupe simplement la place du fer dans le premier. Or un cristal de carbonate de fer est attiré avec la plus grande force possible par un aimant suivant la direction de l'axe cristallographique. Si le poids magnétique du cristal diminue au-dessous de celui du milieu extérieur, il sera repoussé dans toutes les directions et paraîtra diamagnétique, mais suivant la direction de l'axe, la répulsion sera la plus faible possible. En d'autres termes, si l'hypothèse de M. Faraday est vraie, un cristal diamagnétique isomorphe avec le carbonate de fer sera *moins* repoussé suivant la direction de l'axe que suivant la direction perpendiculaire. Ici encore nous arrivons à une conclusion qui est directement contredite par l'expérience, car la répulsion d'un cristal de carbonate de chaux est la plus grande possible lorsque la force répulsive est parallèle à l'axe du cristal. Je crois pouvoir conclure de là que l'état magnétique du carbonate de chaux n'est pas le même que celui du carbonate de fer. »

Jours du mois.	9 heures du mat. Temps vrai. Barom. à 0°.	Thermom. extér. fixe et corr.	Thermom. tournant.	Midi. Temps vrai. Barom. à 0°.	Thermom. extér. fixe et corr.	Thermom. tournant.	3 heures du soir. Temps vrai. Barom. à 0°.	Thermom. extér. fixe et corr.	Thermom. tournant.	6 heures du soir. Temps vrai. Barom. à 0°.	Thermom. extér. fixe et corr.	Thermom. tournant.	9 heures du soir. Temps vrai. Barom. à 0°.	Thermom. extér. fixe et corr.	Thermom. tournant.	Minuit. Temps vrai. Barom. à 0°.	Thermom. extér. fixe et corr.	Thermom. tournant.	Thermom. Maxima.	Thermom. Minima.	État du ciel à midi.	Vents à midi.
1	755,66	11,4	11,5	755,95	15,2	14,7	755,73	16,1	16,3	756,15	16,0	16,0	756,74	13,7	14,0	757,76	11,3	11,5	18,2	9,3	Nuages; cuml.; éclairc.	S.S.O as. f.
2	753,26	15,5	16,5	754,26	18,3	19,0	753,19	19,7	19,7	753,68	16,5	16,7	754,30	12,0	12,3	754,52	9,8	10,0	19,8	9,1	Beau; nuages et vap...	N. O. fort.
3	753,72	8,6	*8,2	757,40	10,9	*10,9	756,23	15,3	14,5	756,37	14,5	14,5	757,18	12,0	12,1	757,40	11,3	11,6	14,7	8,6	Couvert; pluv. et hum.	N. O. faibl.
4	758,03	13,5	13,5	757,90	16,5	17,0	757,73	18,8	18,7	757,84	16,1	16,5	758,36	14,4	14,7	758,15	12,3	13,0	18,6	10,6	Nuag.; éclairc.; soleil.	S.S O. faib.
5	757,72	21,3	21,8	756,70	23,2	23,4	755,56	24,5	24,5	754,94	26,5	23,2	754,97	19,7	19,8	754,82	16,4	16,5	24,7	10,3	Beau; quelques nuag..	S. ass. fort.
6	753,24	25,0	24,7	752,55	26,3	26,5	751,51	27,3	27,5	751,58	25,5	25,8	751,97	21,1	22,7	751,54	19,1	19,5	27,7	13,0	Beau.................	E. faible.
7	753,99	21,4	22,6	753,61	24,0	24,5	754,23	21,8	21,7	755,19	18,1	18,4	756,08	16,0	16,4	755,37	15,0	15,2	25,7	15,5	Beau; nuageux; cum .	O.N.O. as. f.
8	757,12	15,0	*15,0	757,57	19,2	19,4	757,66	20,4	20,0	757,97	20,0	20,0	758,76	15,3	16,0	759,18	13,5	13,3	21,6	12,3	Très-nuageux...... ...	S.S.O faib.
9	761,11	18,6	19,5	761,68	20,5	20,5	761,34	22,1	21,3	761,60	19,8	19,8	762,22	14,9	14,5	762,59	12,9	13,0	22,2	11,9	Beau; nuages; cumul..	S.O. as. fort
10	763,91	17,6	18,6	762,96	19,3	19,9	761,97	20,2	»	761,27	19,7	19,5	761,44	15,9	»	760,80	14,1	»	21,5	11,1	Beau; cumulus........	N.N.E. as. f.
11	759,15	15,4	»	758,54	17,9	18,1	757,44	19,7	19,2	757,18	19,3	19,4	757,33	18,8	19,2	757,19	17,4	»	19,9	12,2	Couvert..........	N. ass. fort.
12	756,73	19,3	18,8	756,10	21,6	21,6	754,58	23,2	»	753,44	23,1	22,4	753,06	21,2	21,4	751,78	19,9	»	22,8	15,7	Tr.-nuag.; cum.; cirr.	S.S.E. faib.
13	748,76	23,3	»	747,87	24,7	»	748,39	18,4	*18,6	747,64	18,3	»	747,74	15,1	»	746,82	13,9	»	23,6	16,3	Couvert; éclaircies....	S.S.E. faib.
14	746,46	13,3	»	749,54	15,9	16,4	730,07	18,1	»	730,93	14,5	»	751,78	12,3	»	751,32	10,8	14,5	20,3	10,5	Couvert.	S. O. fort..
15	748,18	13,5	»	747,31	13,4	»	746,12	14,7	»	744,56	14,2	»	744,19	12,2	»	744,78	10,9	»	14,9	11,1	Couvert; pluie........	S.O. tr.-fort
16	745,71	12,8	13,5	745,30	13,0	»	744,64	16,2	16,1	744,84	11,0	*11,2	745,96	10,1	»	746,46	9,3	»	16,8	10,2	Couvert; pluie (ondée)	S. O. fort..
17	750,40	13,9	*14,0	732,19	13,9	*13,9	754,03	12,7	*13,4	756,18	11,2	*10,6	758,11	10,2	»	759,54	9,7	»	15,0	9,3	Couv.; ondée par inst.	S O. ass. f.
18	762,49	15,4	14,8	762,00	16,9	16,4	760,90	16,0	15,9	759,93	13,0	13,2	758,04	10,2	»	756,16	10,3	»	17,3	8,6	Très-nuag.; cir. et cum.	O.S.O. faib.
19	756,60	13,6	»	756,94	16,0	16,0	757,89	14,3	14,3	758,51	12,5	12,9	759,71	10,4	»	760,85	8,4	»	16,5	10,1	Presque couv.; qq. écl.	N.O. faible.
20	762,35	10,3	10,6	762,54	11,9	11,4	763,08	12,4	12,8	763,17	11,5	*11,1	763,41	9,5	»	763,45	8,9	»	12,9	8,9	Couvert............ . .	N.N.O tr.-f.
21	761,70	11,2	»	761,37	13,1	13,2	761,13	13,5	*13,3	761,02	12,4	*12,0	761,39	11,9	*12,0	761,20	11,6	11,7	14,3	8,2	Couvert...	N. ass. faib.
22	760,71	12,4	12,5	760,72	13,8	*13,0	760,48	13,6	*13,3	760,08	14,2	*13,6	760,30	12,6	*12,0	759,84	11,5	»	14,4	11,4	Couvert; pluie 4h 30m.	....
23	758,33	13,5	*12,4	758,67	13,9	14,2	758,40	18,1	17,9	759,17	16,4	*15,7	760,55	14,0	*14,0	761,39	11,4	11,5	18,3	10,4	Couvert.......	N. O. faible
24	763,02	15,2	15,3	763,08	16,6	16,2	763,12	17,2	17,2	762,90	17,1	17,2	764,03	13,4	13,5	764,32	11,3	11,2	17,8	10,3	Pr. complétem. couv..	N.O. as. fort
25	763,73	17,0	17,5	763,72	18,6	18,9	763,44	19,1	18,3	763,26	17,7	17,3	763,65	14,3	14,3	763,75	12,5	13,0	20,4	9,4	Très-nuageux	O. ass. fort
26	764,29	17,7	18,5	764,74	18,2	18,6	764,48	19,8	19,0	764,48	18,9	18,8	764,51	17,0	18,4	765,78	15,7	17,1	21,2	10,8	Nuageux...............	N. O. faible
27	766,38	18,5	19,0	765,92	22,3	22,3	765,44	23,1	23,0	764,83	22,1	22,1	764,93	19,0	18,8	764,96	17,4	17,7	23,4	14,7	Couv.; qq. éclairc.; sol.	E. faible.
28	763,30	19,9	20,2	762,12	22,3	22,5	760,84	23,6	23,6	760,02	23,6	23,5	760,06	20,1	20,2	759,35	16,7	17,0	23,8	14,5	Beau; vapeurs	N.E. as. faib.
29	737,22	22.5	23,8	756,18	23,0	25,1	755,06	27,3	26,3	754,27	27,2	26,2	755,00	22,8	22,9	755,17	20,6	21,2	27,5	15,7	Beau.................	E.N.E. faib.
30	758,60	21,0	21,3	758,98	23,5	23,3	739,68	24,6	24,4	760,22	23,4	22,8	761,40	19,0	18,3	761,95	16,9	16,8	25,0	19,3	Très-nuageux	O. faible.

(1) Cette observation a été faite à 7 h 30 m.

Quantité de pluie en millimètres tombée pendant le mois : Cour, 52mm,42; terrasse, 46mm,94.

Nota. Les astérisques placés dans la colonne du thermomètre tournant indiquent que ce thermomètre, qui n'est, jusqu'à nouvel ordre, qu'un thermomètre d'essai, était mouillé par la pluie.

MÉMOIRE

SUR

LA CRISTALLISATION ET LA STRUCTURE INTÉRIEURE

DU QUARTZ,

Par M. DESCLOIZEAUX.

Ayant eu, l'année dernière, entre les mains un grand nombre d'échantillons de quartz de la vallée de Conches et d'autres points du Haut-Valais, présentant plusieurs modifications entièrement nouvelles, j'ai entrepris les recherches qui font l'objet de ce Mémoire, et dont les principaux résultats ont été présentés à l'Académie des Sciences, dans sa séance du 30 avril dernier. Les observations sur le système cristallin du quartz publiées en 1846 par M. G. Rose, dans les Mémoires de l'Académie royale de Berlin (1), ayant déjà prouvé l'influence du gisement sur les formes dominantes des cristaux et sur leurs divers modes de groupement, j'ai pensé qu'il y aurait quelque intérêt à étudier tous les quartz cristallisés des collections publiques et privées de Paris, et j'ai été ainsi peu à peu entraîné à faire une sorte de monographie de ce minéral, qui m'a demandé beaucoup plus de temps que je ne l'avais supposé d'abord.

Les matériaux nécessaires à ce long travail m'ont été fournis par les collections du Muséum d'histoire naturelle, de l'École impériale des Mines, de la Sorbonne, du Collége

(1) *Ueber das Krystallisations system des Quarzes*; Mémoire lu à l'Académie des Sciences de Berlin, le 25 avril 1844, par M. G. Rose.

de France, et par celles de MM. le duc de Luynes, Adam et Damour; qu'il me soit permis d'adresser ici mes sincères remercîments aux éminents professeurs placés à la tête de ces diverses collections et aux savants minéralogistes que je viens de nommer, pour l'extrême bienveillance avec laquelle chacun a mis ses échantillons à ma disposition.

De mon côté, j'avais rassemblé les cristaux intéressants que j'avais pu me procurer tant à Paris qu'à Londres, de sorte que j'ai eu à en examiner un très-grand nombre, de provenances très-diverses.

M. Rose s'étant attaché, dans son Mémoire, à décrire avec le plus grand soin les accolements et les enchevêtrements, à axes à peu près parallèles, qu'on trouve dans les localités les plus connues, je n'avais pas à m'en occuper au même point de vue; mon but principal, dans l'examen des cristaux composés que j'ai rencontrés, a été de rechercher si leurs axes étaient rigoureusement parallèles, et surtout de voir s'il existait quelque relation simple entre les divers accidents de leur enveloppe extérieure et leur structure intérieure. En suivant les travaux de M. Soleil, depuis la construction de son saccharimètre et de ses compensateurs de quartz, j'avais appris que les enchevêtrements d'individus, à axes le plus souvent parallèles, constituaient l'état normal de la plupart des cristaux de ce minéral, même lorsque ces cristaux semblaient annoncer une structure homogène : aussi rien n'est-il plus rare que de trouver un échantillon assez pur dans toute son étendue pour résister aux épreuves si délicates de la polarisation.

Pour parvenir à la solution de la question que je m'étais posée, j'ai d'abord déterminé avec soin la forme et les accidents extérieurs d'un assez grand nombre de cristaux, dont les opticiens n'avaient jamais songé à tirer parti, à cause de leurs petites dimensions; puis j'en ai fait tailler, par un habile praticien, des plaques perpendiculaires à l'axe, que j'ai examinées au moyen du microscope polarisant d'Amici.

Comme il est impossible de reproduire fidèlement par le dessin les phénomènes très-complexes qu'on observe par ce procédé ou à l'aide de tout autre instrument convenablement disposé, j'ai essayé de photographier ceux de ces phénomènes qui se présentaient avec le plus de netteté.

Grâce au concours si intelligent de M. Dubosq, dont l'habileté est bien connue pour toutes les recherches de ce genre, et qui a organisé un appareil de polarisation éclairé par la lumière électrique et projetant ses images sur du collodion sensibilisé, j'ai obtenu, dans la plupart des cas, des résultats très-satisfaisants. Les épreuves photographiques une fois obtenues, restait à trouver le moyen de les reproduire directement et sans retouche, afin de leur conserver leur principal mérite, celui de l'exactitude : le nouveau procédé de gravure par la lumière, dû à MM. Garnier et Salmon, de Chartres (1), m'a permis d'obtenir cette

---

(1) Voici très-sommairement, en quoi consiste ce procédé complétement distinct, comme on va le voir, de ceux qui ont été proposés en Angleterre par M. Talbot, et en France par M. Niepce de Saint-Victor :

On soumet une plaque de laiton bien polie à l'action de la vapeur d'iode, on recouvre cette plaque iodée d'un positif ou d'un négatif sur verre (le positif doit être préféré, pour ne pas compliquer l'opération), et on expose le tout à la lumière diffuse pendant sept à dix minutes, si le temps est clair, ou pendant vingt, trente et même soixante minutes en hiver, dans les temps obscurs. L'action de la lumière a pour effet de faire foncer la couleur de l'iodure cuivrique allié sous les parties transparentes du cliché qu'elle traverse, tandis que cette couleur reste intacte au-dessous des parties noires du dessin.

La plaque ainsi influencée, on la frotte légèrement avec de la ouate imprégnée de mercure, qui a la propriété de s'amalgamer très-facilement avec le laiton iodé. Mais dans la condition où la plaque se trouve, après l'action de la lumière, l'amalgamation n'a lieu que sur les parties de l'iodure recouvertes par les noirs du dessin, et par conséquent n'ayant subi aucune modification de la part de la lumière; l'image apparaît donc, négative ou positive, suivant l'état négatif ou positif du cliché employé.

Pour procéder à la gravure, on passe sur la plaque un rouleau de lithographe enduit de noir typographique, qui, repoussé par le mercure liquide, recouvre toutes les parties du laiton non amalgamées; si l'on fait alors mordre la planche par une solution acide de nitrate d'argent destinée à enlever

reproduction d'une manière assez satisfaisante pour donner une idée nette des phénomènes que j'aurai à décrire.

La véritable màcle à axes inclinés, décrite autrefois par M. Weiss (1), d'après un seul échantillon du Dauphiné, n'a été depuis reproduite que très-imparfaitement dans les divers Traités de Minéralogie ; j'avais donc le plus grand désir d'examiner attentivement le petit nombre d'échantillons connus de cette très-rare variété : j'ai été assez heureux pour en rencontrer trois en Angleterre et trois à Paris, et leur étude m'a conduit à des conclusions un peu différentes de celles qu'a publiées M. Weiss.

La révision générale que j'avais entreprise m'ayant fait passer sous les yeux un très-grand nombre de cristaux des localités les plus variées, j'avais bien pensé que je trouverais quelques modifications nouvelles, mais j'étais loin de m'attendre à l'abondance des formes que j'ai rencontrées.

J'ai considéré comme nouvelle toute face qui n'est citée ni dans le Mémoire de M. Rose, ni dans le Manuel si complet de Brooke et Miller (2).

C'est par la description cristallographique des diverses combinaisons formées par les modifications nouvelles que je vais commencer ce Mémoire, en renvoyant à la Note placée à la fin pour l'explication des symboles employés dans la notation des faces.

---

le mercure et à creuser le cuivre, la préparation pour la taille-douce sera terminée.

Les inventeurs de ce procédé, auquel se rattache la gravure par décalque, à l'iode, au brome ou au chlore, de dessins à la plume, au crayon noir ou à la mine de plomb, etc., ne doutent pas qu'un agent accélérateur ajouté à l'iode sur le laiton ne leur permette un jour d'opérer immédiatement dans la chambre noire, comme cela a lieu pour les plaques daguerriennes.

(1) *Ueber die herzförmig genannten Zwillingskrystalle von Kalkspath, und gewisse analoge von Quarz;* lu à l'Académie des Sciences de Berlin, le 2 novembre 1829.

(2) *An elementary Introduction to Mineralogy*, par feu W. Phillips ; nouvelle édition considérablement modifiée et augmentée, par H.-J. Brooke et W.-H. Miller, professeur de minéralogie à Cambridge ; Londres, 1852.

Les formes dérivées du quartz peuvent se diviser, comme l'a fait M. Rose, de la manière suivante :

I. Rhomboèdres parallèles au primitif ou de premier ordre.

II. Rhomboèdres inverses au primitif ou de second ordre.

III. Face rhombe, constituant le trigonoèdre droit et le trigonoèdre gauche, qu'on peut aussi considérer comme deux hémi-isocéloèdres.

IV. Plagièdres de la zone $e^{\frac{1}{2}}$, s, e^2, ou trapézoèdres de premier ordre.

V. Plagièdres de la zone p, s, e^2, ou trapézoèdres de second ordre.

VI. Prisme hexagonal, situé sur les angles latéraux de la forme primitive, premier prisme de Rose.

VI *bis*. Face perpendiculaire à l'axe principal ou base du prisme hexagonal (non observée par Rose).

VII. Prisme hexagonal, situé sur les arêtes latérales de la forme primitive, second prisme de Rose.

VIII. Prismes symétriques à six ou à douze faces, sur trois arêtes alternes ou sur les six arêtes verticales du premier prisme hexagonal.

IX. Faces isolées, se rattachant par une ou par deux zones à des faces comprises dans les précédentes, et comprenant des isocéloèdres et des hémiscalénoèdres.

Avant de passer à la description de chaque forme en particulier, je ferai remarquer que les faces nouvelles n'ont pas pu se déterminer toutes avec le même degré d'exactitude, et que plusieurs d'entre elles ont encore une existence assez problématique. Parmi celles qui me paraissent assurées, il en est dont le symbole n'a été calculé qu'au moyen de leurs incidences, trouvées constantes sur un certain nombre d'échantillons, ou tellement nettes, qu'elles ne laissaient aucune incertitude sur leur véritable valeur ; d'autres, dont les signes paraissent d'abord très-compliqués,

font partie de zones assez bien déterminées pour ne pas permettre de choisir une notation plus simple que celle qui a été adoptée.

Comme on le verra plus loin, lorsque des incidences ne sont pas parfaitement sûres, on peut souvent hésiter, pour le signe cristallographique d'une face, entre deux relations plus ou moins voisines et quelquefois également simples : dans ces cas douteux, j'ai, en général, adopté le symbole qui offrait à la fois le plus de simplicité dans les deux systèmes rhomboïdal et hexagonal.

Lorsque j'ai rencontré, sur des cristaux non groupés, des rhomboèdres parallèles et inverses au primitif, d'angles très-rapprochés, je les ai considérés comme exactement inverses l'un de l'autre, et la mesure la plus nette a servi à la détermination de leurs symboles respectifs.

Il en a été de même des plagièdres des zones $e^{\frac{1}{2}}$, s, e^2, et p, s, e^2; ceux dont les incidences différaient très-peu ont été regardés comme rigoureusement inverses dans chaque zone, et le signe de l'un a été quelquefois employé pour simplifier ou pour assurer le signe de l'autre.

Le tableau des mesures d'angles fera voir que le quartz possède un assez grand nombre de ces faces de même angle, mais de position inverse, dont la réunion formerait sur le rhomboèdre des pseudo-isocéloèdres ou des hémiscalénoèdres.

Les cristaux qui m'ont offert le plus grand nombre de modifications nouvelles, sont ceux qui accompagnent le *mésitinspath*, la *pyrite* et le *fer oxydulé* de Traverselle, en Piémont. La plupart de ces modifications sont des plagièdres supérieurs des deux zones $e^{\frac{1}{2}}$, s, e^2 et p, s, e^2, qui existent souvent à la fois sur deux angles solides, situés à droite et à gauche de l'observateur : leur direction ne paraît donc nullement en rapport avec le sens de la rotation, comme j'aurai occasion de l'expliquer plus loin.

Les faces des cristaux de Traverselle étant généralement petites ou arrondies, j'en ai mesuré plus d'une centaine, et j'ai pris des moyennes sur quatre-vingt-deux des plus nets, afin d'éliminer autant que possible les erreurs d'observation qui auraient pu influer sur la détermination du symbole de ces faces.

Les cristaux extraits du marbre de Carrare présentent aussi beaucoup d'intérêt : grâce à l'obligeance de M. le duc de Luynes, j'ai pu en examiner un très-grand nombre, et j'ai trouvé qu'ils sont loin d'être aussi simples que MM. Rose et Haidinger l'avaient supposé. Beaucoup d'entre eux sont enchevêtrés ou hémitropes, et la plupart portent le second prisme hexagonal d^1 et un hémiprisme dodécagone sur trois arêtes alternes du premier prisme e^2.

Les échantillons du Brésil, employés par les opticiens à cause de la grosseur et de la pureté de quelques-uns d'entre eux, méritent encore un examen attentif; car les faces du prisme hexagonal e^2 y sont presque toujours remplacées par des rhomboèdres excessivement aigus, qui donnent naissance à des zones toutes particulières, dans lesquelles j'ai trouvé plusieurs faces à notation compliquée.

En décrivant successivement toutes les formes que j'ai observées, j'aurai soin de citer les particularités que chacune m'a présentées.

I. — Rhomboèdres parallèles au primitif.

On connaissait jusqu'ici sept rhomboèdres de cette première catégorie, qu'on peut désigner simplement sous le nom de *rhomboèdres directs ;* ces sept rhomboèdres sont les suivants :

Signe rhomboédrique de Lévy.	Signe hexagonal de Lévy ; la hauteur du prisme est le tiers de l'axe vertical du rhomboèdre.
a^4.	b^2 homoèdre.
$e^{\frac{13}{2}}$.	$b^{\frac{3}{5}}$ homoèdre.
e^5.	$b^{\frac{1}{2}}$ homoèdre.
$e^{\frac{7}{2}}$.	$b^{\frac{1}{3}}$ homoèdre ?
e^3.	$b^{\frac{1}{4}}$ homoèdre.
$e^{\frac{8}{3}}$.	$b^{\frac{2}{11}}$ hémièdre.
$e^{\frac{13}{5}}$.	$b^{\frac{1}{6}}$ homoèdre.

Les seuls dont on avait reconnu les inverses sont :

a^4 ayant pour inverse b^1.
e^5 » e^1.

J'ai, de plus, rencontré les inverses des rhomboèdres $e^{\frac{13}{2}}$, $e^{\frac{7}{2}}$, e^3, $e^{\frac{13}{5}}$.

Voici, en outre, les vingt et un nouveaux rhomboèdres directs que j'ai observés :

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
a^7 ou $a^{\frac{15}{2}}$.	$b^{\frac{3}{2}}$ ou $b^{\frac{19}{13}}$ hémièdre.
e^{32}.	$b^{\frac{10}{11}}$ hémièdre.
e^{26}.	$b^{\frac{8}{9}}$ homoèdre ?
?? e^{23}.	$b^{\frac{7}{8}}$ hémièdre.
?? e^{20}.	$b^{\frac{6}{7}}$ hémièdre.
e^{17}.	$b^{\frac{5}{6}}$ homoèdre ?
? e^{15}.	$b^{\frac{13}{16}}$ hémièdre.
e^{14}.	$b^{\frac{4}{5}}$ homoèdre.
? e^{12}.	$b^{\frac{10}{13}}$ hémièdre.
e^{11}.	$b^{\frac{3}{4}}$ homoèdre.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
? e^{10}.	$b^{\frac{8}{21}}$ hémièdre.
e^{8}.	$b^{\frac{2}{3}}$ homoèdre.
? $e^{\frac{11}{2}}$.	$b^{\frac{7}{18}}$ homoèdre ?
?? $e^{\frac{21}{5}}$.	$b^{\frac{11}{26}}$ hémièdre.
ou	
? $e^{\frac{17}{4}}$.	$b^{\frac{3}{7}}$ homoèdre ?
?? $e^{\frac{29}{10}}$.	$b^{\frac{3}{13}}$ hémièdre.
? $e^{\frac{31}{11}}$.	$b^{\frac{3}{14}}$ homoèdre.
$e^{\frac{11}{4}}$.	$b^{\frac{1}{5}}$ homoèdre.
?? $e^{\frac{5}{2}}$.	$b^{\frac{1}{7}}$ homoèdre.
ou	
? $e^{\frac{17}{7}}$.	$b^{\frac{1}{8}}$ homoèdre.
$e^{\frac{7}{3}}$.	$b^{\frac{1}{10}}$ homoèdre ?
$e^{\frac{9}{4}}$.	$b^{\frac{1}{13}}$ hémièdre.
? $e^{\frac{11}{5}}$.	$b^{\frac{1}{16}}$ hémièdre.
ou	
? $e^{\frac{13}{6}}$.	$b^{\frac{1}{19}}$ hémièdre.
$e^{\frac{31}{15}}$.	$b^{\frac{1}{46}}$ hémièdre.

J'ai fait précéder de deux ?? les faces qui me paraissent douteuses, et d'un seul ? celles qui sont probables ; les autres sont certaines.

On remarquera que toutes les faces certaines et probables ont un signe hexagonal généralement fort simple, et que la plupart ont leurs inverses ; quant aux faces douteuses, leur signe hexagonal paraît plus compliqué.

a^{7}. On n'avait cité jusqu'à présent, comme rhomboèdre direct situé sur l'angle culminant de la forme primitive,

qu'une face arrondie, ayant pour symbole a^4, inverse du rhomboèdre b^1, dont les plans sont au contraire parfois assez nets. Le cristal *fig.* 22, *Pl. I*, porte au-dessus des deux faces p et a opposées une troncature facilement déterminable, dont l'inclinaison sur p se rapproche beaucoup de celle que donnerait a^7 ; le signe $a^{\frac{15}{2}}$ fournirait un nombre encore plus voisin de celui que j'ai observé ; mais comme l'échantillon ne permet pas une mesure tout à fait rigoureuse, et que d'ailleurs le signe hexagonal correspondant à $a^{\frac{15}{2}}$ n'est guère admissible, a^7 est la seule notation simple qui puisse être assignée à ce nouveau rhomboèdre.

e^{32} a été observé sur onze cristaux de Traverselle ; il est brillant, mais un peu arrondi ; la moyenne de vingt-deux mesures a donné pour l'inclinaison sur le primitif p le nombre 177° 26′.

e^{26} est le rhomboèdre obtus le plus commun sur les cristaux de Traverselle ; la moyenne de trente-trois mesures prises sur 22 échantillons a donné 176° 34′ ; mais comme les faces de ce rhomboèdre sont assez souvent unies et miroitantes, on a trouvé plusieurs fois 176° 45′, qui ne diffère que de 1 minute de l'angle calculé.

?? e^{23} n'a été trouvé que sur quatre cristaux de Traverselle ; la moyenne de sept mesures a fourni 176° 6′ ; cette face étant un peu arrondie, il n'est pas certain qu'elle ne puisse pas se confondre avec e^{26}.

?? e^{20} a été observé sur six cristaux de Traverselle, et la moyenne de six mesures est de 175° 42′, nombre très-voisin de l'angle calculé ; cependant, comme cette face est aussi arrondie, elle doit peut-être se confondre avec la suivante.

e^{17}, observé sur douze cristaux de Traverselle, a fourni comme moyenne de dix-huit mesures 175° 9′, nombre très-voisin de l'incidence calculée.

? e^{15}, trouvé sur neuf cristaux de Traverselle et sur une améthyste du Brésil, offre des faces brillantes, mais arron-

dies ; peut-être ce rhomboèdre se confond-il avec le précédent ou avec le suivant : la moyenne de dix mesures est égale à 174° 31.

e^{14}, très-habituel aux cristaux de Traverselle, a été vu sur vingt-deux de ces cristaux ; il est souvent assez uni, et la grande majorité des incidences mesurées a donné 174 degrés ; la moyenne générale de quarante et une observations est de 173° 52′.

? e^{12} n'a été rencontré que sur sept cristaux de Traverselle et sur quelques cristaux d'améthyste, mais la valeur de son inclinaison sur p a été presque constamment de 173 degrés. La moyenne de sept mesures est égale à 173° 1′ ; peut-être doit-on réellement distinguer cette face de la précédente.

e^{11}, observé sur onze cristaux de Traverselle, est une des faces dont l'angle a le moins varié ; la moyenne de vingt-trois mesures est de 172° 24′, nombre très-rapproché du calcul.

? e^{10}, observé seulement sur trois cristaux de Traverselle et sur quelques gros cristaux du Brésil, offre, pour la probabilité de son admission, des incidences assez constantes, et une moyenne de quatre mesures égale à 171°35′, nombre identique à celui que fournit le calcul.

e^{8} a été trouvé sur deux cristaux de Traverselle, sur un gros cristal du Brésil, et sur un petit cristal d'Ala, de la collection du Muséum d'histoire naturelle ; sa mesure est un peu incertaine, parce qu'il offre toujours des faces arrondies : la moyenne générale de six observations est de 169° 32′. Parmi les considérations qui militent en faveur de l'admission de ce rhomboèdre, il faut citer l'existence de son inverse $e^{\frac{4}{5}}$, faisant partie d'une zone qui le rend nécessaire.

? $e^{\frac{11}{2}}$, trouvé sur quatre cristaux de Traverselle, offre des faces arrondies, et un peu d'incertitude dans sa mesure ; la

moyenne de quatre observations est cependant de 164° 46′, nombre égal à celui que donne le calcul. Ce rhomboèdre mérite surtout d'être cité, parce que ses incidences sont notablement différentes de celles des deux rhomboèdres certains $e^{\frac{13}{2}}$ et e^5, entre lesquels il est compris.

?? $e^{\frac{21}{5}}$ ou $e^{\frac{17}{4}}$, rhomboèdre douteux, cité par Phillips, et que je n'ai rencontré qu'une fois, avec une mesure incertaine, sur un cristal de Viesch, en Valais; le second signe est préférable, à cause de la simplicité de son correspondant hexagonal.

?? $e^{\frac{29}{10}}$, donné par Phillips, me paraît très-douteux; je n'ai rencontré que sur deux cristaux du Valais des incidences de 152° à 152° 15′, qui se rapprochent de celle de $e^{\frac{29}{10}}$.

? $e^{\frac{31}{11}}$, rhomboèdre très-rare, observé sur un seul cristal, non mâclé, de Carrare; son admission est rendue probable par son incidence nette et par l'existence certaine de son inverse.

$e^{\frac{11}{4}}$, observé sur un gros cristal du Brésil, sur un cristal enfumé de Québec et sur un cristal composé du Haut-Valais, présente de l'incertitude dans sa mesure; mais la zone qui paraît exister sur le cristal du Valais, *fig.* 1, *Pl. I*, entre ce rhomboèdre, le plagièdre x et la face verticale e^2, de droite, rend son existence très-probable. La moyenne générale de onze mesures donne 150° 31′ pour l'inclinaison de $e^{\frac{11}{4}}$ sur p; mais j'ai trouvé aussi 150° 41′ et 150° 45′, nombres qui se rapprochent beaucoup plus du résultat du calcul.

? $e^{\frac{5}{2}}$ ou $e^{\frac{17}{7}}$; un de ces deux rhomboèdres existe sur quelques cristaux du Brésil et du Dauphiné; chacun d'eux ayant son inverse assuré, l'un, $e^{\frac{13}{8}}$, par de nombreuses observa-

tions; l'autre, $e^{\frac{5}{3}}$, par une zone dont il fait partie, on ne peut tirer de cette considération aucune raison pour ou contre l'admission de l'un ou de l'autre symbole ; les incidences ayant varié, sur divers cristaux, entre 147° et 148° 5′, et la moyenne générale de cinq mesures donnant 147° 39′, il semble qu'on doit plutôt admettre $e^{\frac{17}{7}}$, dont le signe hexagonal est d'ailleurs fort simple. Sur le cristal du Dauphiné, *fig.* 35, *Pl. II*, l'observation directe des incidences et celle d'une face nouvelle, très-probablement située dans la zone s, $e^{\frac{17}{7}}$ font croire que c'est ce dernier rhomboèdre qui se montre réellement, avec de légères mouchetures produites par l'enchevêtrement de petites plages appartenant soit à son inverse $e^{\frac{5}{3}}$, soit au rhomboèdre voisin $e^{\frac{13}{8}}$.

$e^{\frac{7}{3}}$ a été observé sur deux cristaux de Traverselle, sur un cristal de Carrare et sur quatre cristaux du Brésil, avec des incidences assez constantes ; la moyenne de treize observations est de 146° 25′, nombre assez voisin de l'angle calculé.

$e^{\frac{9}{4}}$ a été trouvé sur quatre cristaux de Traverselle et sur cinq cristaux du Brésil ; la moyenne de quatorze mesures assez concordantes est de 145° 16′, nombre presque identique à celui que fournit le calcul ; de plus, le symbole de ce rhomboèdre est assuré par la position qu'il occupe dans la zone $x\Xi$, sur le cristal du Brésil représenté *fig.* 2, *Pl. I*, et que je décrirai plus loin.

? $e^{\frac{11}{5}}$ ou $e^{\frac{13}{6}}$ s'est offert sur huit cristaux du Brésil ; toutes les incidences mesurées, ainsi que la moyenne générale de quatorze observations, égale à 144° 2′, indiquent plutôt le second rhomboèdre que le premier ; cependant, sur le cristal représenté *fig.* 3, *Pl. I*, les zones x, Σ, et x, z, conduisent à des symboles hexagonaux de Σ et de z, plus simples lorsqu'au lieu de $e^{\frac{13}{6}}$ on fait entrer dans la zone le rhomboèdre $e^{\frac{11}{5}}$. On pourra donc adopter l'un ou l'autre

de ces rhomboèdres, selon qu'on regardera comme plus important de faire approcher le plus possible les incidences calculées des incidences observées, ou de n'admettre pour les formes dérivées que des symboles simples, dans le système rhomboïdal comme dans le système hexagonal.

$e^{\frac{31}{15}}$. La mesure directe des incidences de ce rhomboèdre ne m'aurait certainement pas paru suffisante pour le distinguer du prisme hexagonal lui-même, si je ne l'avais rencontré formant une zone bien caractérisée, avec le plagièdre x et une face Σ_1, analogue à la face Σ de la *fig.* 3, dont il vient d'être question. Le seul échantillon qui m'ait offert $e^{\frac{31}{16}}$ est un cristal parfaitement limpide et sans aucune apparence extérieure de pénétrations; mais rien ne permet d'assigner exactement la localité d'où il provient.

II. — Rhomboèdres inverses au primitif.

Les cinq rhomboèdres inverses connus jusqu'ici étaient :

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.	
b^1 inverse de a^1.	b^2	homoèdre.
e^1 inverse de e^5.	$b^{\frac{1}{2}}$	homoèdre.
$e^{\frac{4}{3}}$.	$b^{\frac{2}{7}}$	hémièdre.
$e^{\frac{13}{8}}$ inverse de $e^{\frac{5}{2}}$.	$b^{\frac{1}{7}}$	homoèdre?
$e^{\frac{7}{4}}$.	$b^{\frac{1}{11}}$	hémièdre.

J'ai de plus rencontré les vingt-cinq suivants :

?	$e^{\frac{10}{17}}$ inverse de e^{26}.	$b^{\frac{8}{9}}$	homoèdre?
?	$e^{\frac{7}{11}}$ inverse de e^{17}.	$b^{\frac{5}{6}}$	homoèdre?
	$e^{\frac{2}{3}}$ inverse de e^{14}.	$b^{\frac{4}{5}}$	homoèdre.
	$e^{\frac{5}{7}}$ inverse de e^{11}.	$b^{\frac{3}{4}}$	homoèdre.
?	$e^{\frac{3}{4}}$.	$b^{\frac{5}{7}}$	hémièdre.

$e^{\frac{10}{13}}$.	$b^{\frac{16}{23}}$ hémièdre.
$e^{\frac{4}{5}}$ inverse de e^{5}.	$b^{\frac{2}{3}}$ homoèdre.
$e^{\frac{7}{8}}$ inverse de $e^{\frac{13}{2}}$.	$b^{\frac{3}{5}}$ homoèdre.
?? $e^{\frac{14}{15}}$	$b^{\frac{16}{29}}$ hémièdre.
ou	
?? $e^{\frac{19}{20}}$ inverse de $e^{\frac{11}{2}}$.	$b^{\frac{7}{13}}$ homoèdre?
$e^{\frac{20}{19}}$.	$b^{\frac{6}{13}}$ hémièdre.
$e^{\frac{11}{10}}$ inverse de $e^{\frac{17}{3}}$.	$b^{\frac{3}{7}}$ homoèdre?
$e^{\frac{8}{7}}$.	$b^{\frac{2}{5}}$ hémièdre.
$e^{\frac{6}{5}}$.	$b^{\frac{4}{11}}$ hémièdre.
$e^{\frac{11}{9}}$.	$b^{\frac{7}{20}}$ hémièdre.
? $e^{\frac{5}{4}}$ inverse de $e^{\frac{7}{2}}$.	$b^{\frac{1}{3}}$ homoèdre?
$e^{\frac{13}{10}}$.	$b^{\frac{7}{23}}$ hémièdre.
? $e^{\frac{9}{5}}$ inverse de e^{3}.	$b^{\frac{1}{4}}$ homoèdre?
$e^{\frac{25}{17}}$ inverse de $e^{\frac{31}{11}}$.	$b^{\frac{3}{14}}$ homoèdre.
$e^{\frac{3}{2}}$ inverse de $e^{\frac{11}{4}}$.	$b^{\frac{1}{5}}$ homoèdre.
? $e^{\frac{11}{7}}$ inverse de $e^{\frac{13}{8}}$.	$b^{\frac{1}{6}}$ homoèdre ?
$e^{\frac{5}{3}}$ inverse de $e^{\frac{17}{7}}$.	$b^{\frac{1}{8}}$ homoèdre.
?? $e^{\frac{19}{11}}$ inverse de $e^{\frac{7}{3}}$.	$b^{\frac{1}{10}}$ homoèdre?
$e^{\frac{11}{6}}$.	$b^{\frac{1}{17}}$ hémièdre.
? $e^{\frac{23}{12}}$.	$b^{\frac{1}{35}}$ hémièdre.
ou	
? $e^{\frac{27}{14}}$.	$b^{\frac{1}{41}}$ hémièdre.

? $e^{\frac{10}{17}}$, inverse de e^{26}. Quelques cristaux de Traverselle offrent très-probablement cette face ; cependant c'est plutôt un ensemble de caractères secondaires, qu'une raison par-

faitement concluante, qui conduit à regarder une partie des modifications inclinées de 176° 45′, sur les faces du sommet, comme appartenant au rhomboèdre inverse $e^{\frac{10}{17}}$, et non au rhomboèdre direct e^{26}.

En effet, les cristaux de Traverselle et de Brosso en Piémont ne portent aucune des faces plagièdres inférieures au rhombe *s*, qui servent ordinairement à fixer la position des faces *p* ou $e^{\frac{1}{2}}$; on n'y rencontre que des plagièdres supérieurs au rhombe, et soit qu'on les suppose dans la zone *p*, *s*, soit qu'on les place dans la zone $e^{\frac{1}{2}}$ *s*, aucune de leurs incidences ne s'accorde avec celles de la seule face de cette espèce connue jusqu'ici, et décrite par G. Rose. Il faut donc, pour déterminer la position relative des faces *p* et $e^{\frac{1}{2}}$ de la pyramide, avoir recours aux caractères nécessairement moins certains, tirés du plus ou moins de netteté des diverses faces rhomboïdales, de leur plus ou moins grande étendue relative et de quelques propriétés optiques.

Parmi ces caractères, le plus général paraît être celui qui résulte de l'aspect strié de la plupart des rhomboèdres inverses au primitif, tandis que les rhomboèdres directs ont des faces brillantes, quoique souvent arrondies.

Un autre caractère moins général que le précédent peut être fondé sur ce que les cristaux à plagièdres inférieurs ont, dans certaines localités, leurs faces primitives *p* presque toujours ondulées, tandis que les faces $e^{\frac{1}{2}}$ sont parfaitement unies.

Un troisième caractère, qui ne s'observe pas non plus dans toutes les localités, est la prédominance des faces *p* sur les faces $e^{\frac{1}{2}}$.

Enfin, les échantillons extérieurement simples, et ceux où les enchevêtrements sont évidents, ne produisent pas les mêmes phénomènes dans la lumière polarisée, comme je le dirai tout à l'heure.

En employant les caractères que je viens d'énumérer, certains cristaux de Traverselle et ceux de Brosso, dont les *fig.* 4, 5, 6, 7 et 8, *Pl. I*, représentent quelques spécimens, pourront être considérés comme portant le rhomboèdre direct e^{26} ou son inverse $e^{\frac{10}{17}}$, suivant qu'on donnera plus ou moins d'importance à l'un ou à l'autre de ces caractères.

Le cristal *fig.* 4 est celui qui semble laisser le moins de doute sur l'existence de $e^{\frac{10}{17}}$, parce qu'il offre sur une arête de la pyramide une face β, que j'ai rencontrée sur des cristaux de l'Isère, et qui a été figurée par M. Haidinger, dans le Catalogue inédit de l'ancienne collection Allan, appartenant actuellement à M. Greg; cette face, par son inclinaison très-différente sur $e^{\frac{1}{2}}$ et sur p, permet de fixer la position relative de ces deux rhomboèdres, et c'est ainsi qu'on est conduit à noter les faces de la *fig.* 4 comme je l'ai fait. Cependant le sommet du cristal, représenté par cette figure, se compose, contrairement à l'apparence habituelle des cristaux de quartz, de trois faces $e^{\frac{1}{2}}$ ondulées ou froncées, et de trois faces p, dont l'une est parfaitement unie et miroitante, et dont les deux autres ne portent que des traces légères de cannelures et d'ondulations. Il est vrai qu'il ne faut pas donner une trop grande valeur au second caractère tiré de la plus ou moins grande netteté des faces, car on trouve quelquefois des cristaux simples du Valais ou du Dauphiné, portant des plagièdres ou des rhomboèdres subordonnés, au moyen desquels on peut fixer la position relative des faces de leur sommet, et dont les faces $e^{\frac{1}{2}}$, parsemées de petites saillies en forme de triangles sphériques isocèles, ont perdu leur netteté habituelle. Les *fig.* 11 et 13, représentant deux cristaux de Brosso, l'un d'apparence simple, l'autre évidemment composé, montrent aussi que les faces p et $e^{\frac{1}{2}}$ peuvent of-

frir à la fois les trois lignes faiblement saillantes, qui dans les cristaux de cette localité empêchent en général les faces primitives p d'être rigoureusement planes. Quant au premier caractère secondaire dont j'ai parlé plus haut, et qui paraît tout à fait général, il se trouverait lui-même ici en défaut, car les faces notées $e^{\frac{10}{17}}$ ne portent pas les stries habituelles aux rhomboèdres inverses; elles sont seulement faiblement granulées, mais suffisamment unies et miroitantes pour que l'une d'elles fournisse une incidence fort nette de 176°47′ avec la face $e^{\frac{1}{2}}$ correspondante.

Le troisième caractère tiré de la prédominance de p sur $e^{\frac{1}{2}}$ est observé sur la *fig.* 4; mais, comme je l'ai déjà dit, ce caractère est loin d'être général, et on ne doit lui attribuer qu'une importance très-secondaire.

Quant à la structure intérieure du cristal *fig.* 4, telle qu'on la voit au microscope polarisant d'Amici, elle est assez fidèlement reproduite par le diagramme *fig.* 4 *bis*, copié d'après une photographie; la seule chose que j'aie besoin de faire remarquer pour le moment, c'est que le centre de cette figure est occupé par trois secteurs de 120 degrés, séparés par des lignes qui vont aboutir au milieu des trois côtés de l'hexagone au-dessus desquels sont les faces que j'ai notées $e^{\frac{1}{2}}$; la plaque qui a produit cette image étant coupée perpendiculairement à l'axe du cristal, ces secteurs peuvent être considérés géométriquement comme la projection sur le plan de la section des trois faces primitives p.

Or les *fig.* 3 et 4, *Pl. IV*, nous montrent que les plaques extraites de cristaux à enchevêtrements visibles offrent, au lieu de trois secteurs de 120 degrés, six triangles dont les sommets se réunissent au centre, et dont les bases s'appuient plus ou moins régulièrement sur les six côtés de la coupe hexagonale.

On expliquerait peut-être sur le cristal *fig.* 4 l'exis-

tence du rhomboèdre direct e^{26} au lieu de son inverse $e^{\frac{10}{17}}$, en supposant que les faces $e^{\frac{1}{2}}$ et p sont celles que j'ai au contraire notées p et $e^{\frac{1}{2}}$; il faudrait alors admettre que la face β, trouvée sur d'autres cristaux où l'on peut distinguer les faces p des faces $e^{\frac{1}{2}}$ (*fig.* 54 et 66, *Pl. II*), n'est pas hémiédre, et que sa plus grande inclinaison peut se présenter tantôt sur $e^{\frac{1}{2}}$, tantôt sur p; il faudrait de plus que, contrairement à ce qui s'observe dans la plupart des cristaux de quartz, où les strates d'accroissement et les ondulations du sommet se dessinent presque toujours sur les faces p, les trois pentagones de la *fig.* 4 *bis* représentassent la projection des faces $e^{\frac{1}{2}}$, et non celles des faces p. Ce fait, que rien n'est venu confirmer, ne paraît pourtant pas impossible à priori; car, si les hexagones concentriques que présente la *fig.* 4 *bis* elle-même peuvent être regardés comme la trace de lames parallèles aux trois faces supérieures et aux trois faces inférieures p, on ne peut pas nier que les cristaux encapuchonnés, connus de tous les minéralogistes, ne semblent annoncer des couches parallèles aux faces $e^{\frac{1}{2}}$ aussi bien qu'aux faces p.

Il ne paraît d'ailleurs pas probable ici, comme cela se voit sur d'autres cristaux de Traverselle (*fig.* 10, 13 et 14, *Pl. I*), que les faces $e^{\frac{1}{2}}$ se composent en partie d'une face $e^{\frac{1}{2}}$, en partie d'une face α, car, d'une part, le rhomboèdre $e^{\frac{10}{17}}$ et le petit plagièdre τ_7 possèdent dans toute leur étendue une continuité qui ne se montre pas lorsque ce genre d'enchevêtrement existe réellement, et d'autre part, ainsi que je l'ai dit ci-dessus, les cristaux d'apparence composée présentent des phénomènes optiques différents de ceux du cristal *fig.* 4.

Une autre explication consisterait à supposer, comme

M. Rose l'a indiqué *fig.* 32 *a* et 35 de son Mémoire, que la *fig.* 4 représente un cristal simple en apparence, mais composé en réalité d'indiyidus enchevêtrés de manière à se limiter exactement sur les arêtes du prisme et sur celles de la pyramide, et à n'offrir au sommet que leurs faces directes *p* et leurs faces retournées *z*. On peut objecter à cette explication que, dans les cas excessivement rares où les individus se limitent avec tant de régularité, il n'existe pas et il ne doit en effet pas exister entre les faces *z* et les faces directes *p*, la différence de netteté qui se voit sur notre cristal; la pénétration se trahit seulement par quelques moirages ou par quelque interruption des stries sur le prisme ou sur les rhomboèdres subordonnés.

Pour le cristal *fig.* 4, comme pour tous les cristaux de Traverselle et de Brosso, les sillons entre-croisés plus ou moins profonds, qu'on remarque sur les faces verticales, ne m'ont jamais paru avoir un caractère différent sur les échantillons d'apparence simple ou sur ceux où le groupement est évident, sans doute parce que, d'une part, ces sillons ne sont pas toujours très-réguliers, et que d'autre part, comme je le montrerai plus loin, ils indiquent seulement une superposition de lames parallèles aux faces primitives supérieures et inférieures : on ne peut donc rien tirer de ce caractère; mais, comme je l'ai déjà fait remarquer, la *fig.* 4 *bis*, *Pl. I*, n'indique que trois secteurs de 120 degrés ayant leur sommet commun au centre, et correspondants à la projection des faces *p*; or, si toutes les faces du sommet étaient des faces *p* et *z*, on ne voit pas pourquoi il n'y aurait pas trois autres secteurs inverses des premiers, et indiquant la projection des faces *z*.

Les phénomènes optiques, qui dans le cas particulier que je viens de discuter, me paraissent tout à fait concluants, sont loin de présenter toujours le même degré de certitude, et il faut bien avouer que jusqu'ici l'examen de l'enveloppe extérieure d'un cristal de quartz ne suffit pas, dans tous les

cas, pour expliquer les anomalies de sa structure interne, accusées par la lumière polarisée, et que réciproquement certaines irrégularités intérieures ne se révèlent pas toujours par des signes extérieurement visibles : le beau cristal enfumé à deux faces rhombes contiguës *fig.* 33 et les nombreux cristaux que j'ai fait tailler m'ont fourni plusieurs exemples de l'incertitude qui règne encore dans ces relations entre l'intérieur et l'extérieur des groupes cristallins.

J'ajouterai que pour les cristaux de Traverselle et de Brosso, plus encore peut-être que pour ceux de Suisse, du Dauphiné et de Jærischau, si bien décrits par M. Rose, l'absence complète au sommet des signes qui décèlent un enchevêtrement, serait un fait excessivement rare : en effet, la grande majorité des cristaux composés de Traverselle offrent des rhomboèdres subordonnés qui s'interrompent en s'entre-croisant (*fig.* 10, 12, 13 et 14); ou bien ils présentent sur les angles solides du prisme et de la pyramide de petits angles rentrants, indiqués sur les *fig.* 13 et 14.

Quant aux trois arêtes très-légèrement saillantes qui, sur un certain nombre de cristaux de Traverselle, de Carrare et de New-York, partent d'un même point et se dirigent plus ou moins exactement vers les trois angles plans des faces du sommet, supposées triangulaires, on ne peut tirer aucune induction de leur présence ou de leur absence sur quelques-unes de ces faces : car les cristaux d'apparence simple *fig.* 36 et 64 offrent ces lignes sur leurs trois faces alternes p; le cristal composé *fig.* 13 les porte sur plusieurs faces contiguës; et dans les cristaux *fig.* 8, 11 et 34 elles sont accusées, pour le premier, sur les trois faces qu'on doit regarder comme $e^{\frac{1}{2}}$; pour le second, sur une face p, et sur une face $e^{\frac{1}{2}}$ adjacente; et pour le dernier, sur les six faces du sommet. Cependant la lumière polarisée n'indique pas de groupements dans le cristal *fig.* 8, et les faces

rhombes du cristal de New-York *fig.* 34 présentent la disposition régulière qu'elles doivent avoir sur un cristal géométriquement simple.

Le cristal *fig.* 5, outre les arêtes saillantes dont je viens de parler, porte encore sur trois faces de son sommet des stries irrégulières, semblables à celles que j'ai dessinées sur la *fig.* 4; le cristal *fig.* 7 a au contraire presque toutes ses faces unies, et il est surtout remarquable par son double sommet et par son hémitropie.

L'absence de la face β sur les cristaux *fig.* 5, 6 et 7 jette dans le choix de leurs faces p et $e^{\frac{1}{2}}$ une indécision beaucoup plus grande que celle que j'ai signalée pour le cristal *fig.* 4; si l'on donne en effet la préférence aux caractères tirés de la netteté relative des faces du sommet et de l'absence des stries sur le rhomboèdre subordonné aux faces les moins nettes, les cristaux *fig.* 5, 6 et 7 se composeront de faces $e^{\frac{1}{2}}$ prédominantes et unies, de faces p subordonnées et ondulées et de faces appartenant au rhomboèdre direct e^{26}; les plagièdres notés τ_6 et τ_7 seront des faces correspondantes, avec les mêmes incidences, dans la zone $p\,s\,e^2$.

Les sommets offriront au contraire des faces p prédominantes, et des faces $e^{\frac{1}{2}}$ subordonnées, avec des plagièdres τ_6 et τ_7, de la zone $e^{\frac{1}{2}}\,s\,e^2$, et le rhomboèdre inverse $e^{\frac{10}{17}}$, si l'on considère que ces cristaux ont la plus grande analogie avec le cristal *fig.* 4, et surtout avec celui *fig.* 8, dont une plaque offre dans la lumière polarisée à peu près la disposition que présente le diagramme *fig.* 8 *bis*. Or ce diagramme montre, comme celui *fig.* 4 *bis*, trois lignes partant du centre et se dirigeant vers le milieu des trois côtés de l'hexagone qui correspondent aux faces supposées $e^{\frac{1}{2}}$; quant aux lignes concentriques qui semblent annoncer des lames parallèles aux six faces p, supérieures et inférieures, elles sont encore plus nombreuses et plus rapprochées que sur la

fig. 4 *bis*; on peut donc, à propos des cristaux *fig.* 5, 6, 7 et 8, répéter les hypothèses et les objections que je viens de discuter pour le cristal *fig.* 4; mais, afin de ne pas trop compliquer les dessins, je n'y ai indiqué que les faces dont l'admission m'a paru le plus probable.

? $e^{\frac{7}{11}}$, inverse de e^{17}, n'a été observé qu'une ou deux fois sur des cristaux de Traverselle; il reste par conséquent fort douteux.

$e^{\frac{2}{5}}$, inverse de e^{14}, est assez fréquent sur les cristaux de Traverselle; ce rhomboèdre s'étant trouvé plusieurs fois sur des cristaux dont les faces p et $e^{\frac{1}{2}}$ pouvaient se distinguer l'une de l'autre, et portant assez généralement de légères stries caractéristiques des rhomboèdres inverses (*fig.* 9, *fig.* 11 et *fig.* 12, *Pl. I*), son existence ne laisse pas les mêmes doutes que celle de l'inverse $e^{\frac{10}{17}}$. La *fig.* 11, qui représente un cristal d'apparence simple, porte à la fois sur une face p et sur une face $e^{\frac{1}{2}}$ les arêtes saillantes dont il a été question plus haut; l'une des deux autres faces p est unie, la troisième est ondulée.

Le cristal *fig.* 10, dont les enchevêtrements se trahissent par l'interruption et l'entre-croisement des rhomboèdres directs e^{32}, e^{26}, et des rhomboèdres inverses $e^{\frac{2}{5}}$ et e^{5}, fait voir une autre particularité que j'ai souvent observée sur les groupements de Traverselle, et qui consiste en ce que chacune des trois faces p ou $e^{\frac{1}{2}}$ du sommet ne porte pas toujours au-dessous d'elle le même rhomboèdre subordonné.

$e^{\frac{5}{7}}$, inverse de e^{11}. Ce rhomboèdre, que j'ai rencontré sur une dizaine d'échantillons de Traverselle, pourrait peut-être, dans certains cristaux enchevêtrés, être considéré comme le rhomboèdre direct e^{11}, si la netteté des faces $e^{\frac{1}{2}}$ ne s'opposait à ce que ces faces fussent regardées comme une combinaison d'une portion de $e^{\frac{1}{2}}$ et d'une por-

tion de face a (*fig.* 15), mais ce qui semble surtout assurer l'existence de $e^{\frac{5}{7}}$, c'est qu'il offre quelquefois les stries propres aux rhomboèdres inverses, comme *fig.* 16, ou qu'il se trouve au-dessus d'un autre rhomboèdre strié, comme *fig.* 14.

? $e^{\frac{3}{4}}$. Les incidences qui conduisent à ce rhomboèdre ne se sont trouvées que sur un petit nombre de cristaux de Traverselle; de neuf mesures, deux seulement sont assez nettes pour répondre qu'elles ne se confondent pas avec celles du rhomboèdre suivant.

$e^{\frac{10}{13}}$. Cette face, observée sur treize cristaux de Traverselle, est toujours arrondie, et son inclinaison sur $e^{\frac{1}{2}}$ présente quelque incertitude; cependant, parmi les dix-neuf mesures qui en ont été prises, aucune ne s'est trouvée inférieure à 170 degrés, ni supérieure à 170° 45′. En supposant que le rhomboèdre précédent $e^{\frac{3}{4}}$ se confonde avec celui-ci, c'est le signe $e^{\frac{10}{13}}$ qui, malgré sa complication, paraît devoir être adopté.

$e^{\frac{4}{5}}$, inverse de e^{8}. Ce rhomboèdre a été observé sur trente-trois cristaux de Traverselle et sur plusieurs cristaux du Valais; la moyenne des cinquante-quatre mesures que j'en ai obtenues ne laisse donc, malgré un peu de rondeur habituelle à ses faces, aucun doute sur son signe; de plus, sur le cristal du Valais *fig.* 17, les rhomboèdres directs $e^{\frac{7}{2}}$ et $e^{\frac{13}{5}}$ sont brillants et ondulés, tandis que les inverses $e^{\frac{4}{5}}$, e^{1}, $e^{\frac{4}{3}}$ portent de légères stries horizontales, et la face rhombe s forme une zone entre deux rhomboèdres dont l'un ne peut être que $e^{\frac{4}{5}}$, puisque l'autre est certainement $e^{\frac{7}{2}}$.

$e^{\frac{7}{8}}$, inverse de $e^{\frac{13}{2}}$. J'ai rencontré ce rhomboèdre sur trente-six cristaux de Traverselle et sur quelques gros cristaux du Brésil; sur les premiers, il présente presque

toujours des faces brillantes et très-arrondies, dont les incidences varient dans des limites assez étendues, car les extrêmes ont été 168 et 166 degrés; la moyenne de cinquante-quatre mesures a donné 167° 10′ 16″, nombre suffisamment voisin de 167° 4′ que donne le calcul, pour assurer l'existence du symbole $e^{\frac{7}{8}}$; sa position comme rhomboèdre inverse ne peut d'ailleurs laisser aucun doute sur le cristal du Brésil *fig.* 19, qui porte un plagièdre ν_2 de la zone $e^{\frac{1}{2}} s e^2$, et un autre plagièdre n de la zone $p\, s\, e^2$.

?? $e^{\frac{14}{15}}$ ou $e^{\frac{19}{20}}$, inverse de $e^{\frac{11}{2}}$. Une face très-arrondie, brillante et fournissant des mesures très-incertaines qui peuvent convenir à l'un ou à l'autre de ces deux rhomboèdres, s'est offerte sur un certain nombre de cristaux de Traverselle. La moyenne de quinze observations faites sur dix cristaux, donne 165° 19′ comme inclinaison sur $e^{\frac{1}{2}}$; ce nombre est très-voisin de 165° 16′ que fournit le calcul du rhomboèdre $e^{\frac{14}{15}}$. La moyenne de dix observations faites sur neuf autres cristaux n'est que de 164° 26′ qui se rapproche de l'incidence 164° 46′ du rhomboèdre $e^{\frac{19}{20}}$.

Comme les vingt-cinq observations dont il vient d'être question ont fourni avec $e^{\frac{1}{2}}$ des angles trop forts pour se rapporter au rhomboèdre e^1, et trop faibles pour convenir à $e^{\frac{7}{8}}$, il faut bien admettre l'un des rhomboèdres $e^{\frac{14}{15}}$ ou $e^{\frac{19}{20}}$ dont les faces sont trop arrondies pour permettre une détermination très-exacte.

$e^{\frac{20}{19}}$. Ce symbole est indiqué par des angles assez nets de 161° 45′ avec $e^{\frac{1}{2}}$ trouvés sur un cristal très-remarquable du Valais *fig.* 20, et sur les cristaux *fig.* 22 et 23. Les n°s 20 et 23 font partie de la collection du Muséum.

$e^{\frac{11}{10}}$, inverse du rhomboèdre douteux $e^{\frac{17}{4}}$. Plusieurs me-

sures de ce rhomboèdre ont été obtenues, 1° sur un cristal du Valais appartenant à M. Damour, et représenté *fig.* 21; 2° sur le cristal *fig.* 22, très-remarquable par ses enchevêtrements et par les sutures cannelées qu'il porte sur trois arêtes latérales; 3° sur un cristal de Traverselle : la moyenne est égale à 160°24′, nombre qui rend très-probable l'existence du symbole $e^{\frac{11}{10}}$.

$e^{\frac{8}{7}}$. Ce rhomboèdre, dont la mesure directe n'a pu généralement être obtenue que d'une manière approximative, paraît faire partie, sur quelques cristaux, de zones qui rendent son admission nécessaire; il est malheureusement difficile de constater sur le goniomètre l'exactitude rigoureuse de ces zones, parce que les faces qui les composent sont ou ternes ou striées, et ce n'est en général qu'à l'œil qu'on peut juger du parallélisme des lignes qui indiquent leur existence. Cependant le cristal du Valais représenté *fig.* 23 porte une série de plagièdres de la zone $p\ s\ e^2$, dont l'un, $\varepsilon = (d^1\ d^{\frac{2}{5}}\ b^{\frac{1}{2}})$, est bordé par deux lignes parallèles comprises entre le plagièdre $u = (b^{\frac{1}{8}}\ d^1\ d^{\frac{1}{4}})$ de la zone $e^{\frac{1}{2}}\ s\ e^2$, et un rhomboèdre légèrement strié, qu'une mesure directe assez précise fait bien rapporter à $e^{\frac{8}{7}}$; j'ai retrouvé la même zone sur deux autres cristaux du Valais légèrement enfumés; l'un fournit aussi une bonne mesure du rhomboèdre $e^{\frac{8}{7}}$; sur l'autre, au contraire, cette face est tout à fait indéterminable, et l'on ne peut mesurer exactement que les deux rhomboèdres $e^{\frac{13}{10}}$ et $e^{\frac{4}{3}}$ (*fig.* 23 *bis*).

Sur le cristal *fig.* 24, le plagièdre $\pi = (d^1\ d^{\frac{6}{14}}\ b^{\frac{1}{2}})$ de la zone $p\ s\ e^2$ se détermine assez nettement par son inclinaison sur p, malgré les stries fines qui le recouvrent; à l'œil, on croit reconnaître un parallélisme complet entre les lignes qui limitent ce plagièdre, coupé d'un côté par le

rhomboèdre $e^{\frac{7}{2}}$, brillant et légèrement ondulé, et de l'autre côté par un rhomboèdre inverse qui ne peut encore être que $e^{\frac{8}{7}}$ si ce parallélisme existe réellement. Malheureusement les stries que porte le rhomboèdre présumé $e^{\frac{8}{7}}$ sont si profondes, qu'on ne peut mesurer l'incidence de cette face sur $e^{\frac{1}{2}}$ qu'au goniomètre d'application, et que la zone $e^{\frac{8}{7}}$ π $e^{\frac{7}{2}}$ ne peut être constatée rigoureusement avec le goniomètre de réflexion.

$e^{\frac{6}{5}}$. Un gros cristal, pénétré de filaments d'asbeste, m'a fourni une incidence très-nette de 157° 42′ sur $e^{\frac{1}{2}}$ qui ne peut se rapporter qu'au rhomboèdre inverse $e^{\frac{6}{5}}$. Ce cristal, qui offre sous la pyramide fondamentale une pyramide très-aiguë où les enchevêtrements sont accusés par de petites places dépolies, présente deux zones intéressantes: l'une se compose du plagièdre $w = (d^1 d^{\frac{7}{16}} b^{\frac{1}{2}})$ en bordure étroite entre $e^{\frac{7}{2}}$ et $e^{\frac{4}{3}}$, comme on le voit sur la *fig.* 32 *a* de Rose; l'autre est déterminée par le plagièdre $\mu = (d^1 d^{\frac{1}{2}} b^{\frac{1}{2}})$ entre x et $e^{\frac{4}{3}}$, comme l'indique la *fig.* 21 du même auteur. Deux petits cristaux de Viesch, en Valais, m'ont donné des incidences fort nettes de 157° 40′ et 157° 50′, qui rendent très-probable l'existence du rhomboèdre $e^{\frac{6}{5}}$.

$e^{\frac{11}{9}}$. Le cristal *fig.* 20 fournit pour l'un des trois rhomboèdres finement striés, situés sous $e^{\frac{1}{2}}$, des incidences nettes de 157° 12′ à 157° 14′ qui ne peuvent se rapporter qu'au rhomboèdre $e^{\frac{11}{9}}$; le cristal *fig.* 23 donne des incidences comprises entre celles de $e^{\frac{6}{5}}$ et celles de $e^{\frac{11}{9}}$.

? $e^{\frac{5}{4}}$. Avant que M. Rose eût attiré l'attention sur les

cristaux maclés par enchevêtrement, ce rhomboèdre a dû être fréquemment confondu avec son inverse $e^{\frac{7}{2}}$; on trouve en effet souvent des cristaux sous formes de pyramides aiguës, analogues à la *fig.* 32 *a* de Rose, qui portent une face directe $e^{\frac{7}{2}}$ et une face retournée $ɐ^{\frac{7}{2}}$; ces deux faces ont d'ailleurs le même éclat et le même genre d'ondulations, et il est facile de voir, en suivant la limite des individus enchevêtrés, qu'elles appartiennent à la même espèce de rhomboèdres. Mon cristal *fig.* 22 offre une disposition de ce genre qu'on peut regarder comme le cas le plus général : toutefois il ne paraît guère possible de ne pas admettre, sur quelques échantillons assez rares, l'existence de $e^{\frac{5}{4}}$; en effet, certains cristaux de Pfitsch, en Tyrol, analogues à ma *fig.* 44, *Pl. II*, portent au-dessous des faces *p* des rhomboèdres brillants, très-légèrement ondulés, dont les plus ordinaires sont $e^{\frac{13}{2}}$ et $e^{\frac{7}{2}}$, tandis qu'au-dessous de $e^{\frac{1}{2}}$ il existe des faces striées, dont l'une se rapporte probablement à $e^{\frac{5}{4}}$ par ses incidences. Le petit cristal du Valais *fig.* 25 offre aussi, au-dessous de faces brillantes appartenant évidemment aux rhomboèdres directs $e^{\frac{13}{2}}$ et $e^{\frac{7}{2}}$, une face qui porte les stries caractéristiques des rhomboèdres inverses et dont on voit l'enchevêtrement dans les premières ; cette face, d'après la zone *u*, *w*, dont elle semble faire partie, ne peut être que $e^{\frac{5}{4}}$; malheureusement, son inclinaison sur la face *p* qui la surmonte, ne peut pas être mesurée avec toute l'exactitude désirable à cause d'une légère ondulation qui produit deux images réfléchies sur *p*, et cette inclinaison paraît plutôt conduire au rhomboèdre $e^{\frac{13}{10}}$; quant aux faces de la zone présumée $u\,w\,e^{\frac{5}{4}}$, la première et la dernière donnent des réflexions parfaitement nettes ; la seconde seule, finement striée parallèlement à

son intersection avec p, ne fournit qu'une image un peu trouble; et comme la zone imparfaite $u\,w\,e^{\frac{13}{10}}$ serait excessivement voisine de la zone réelle $u\,w\,e^{\frac{5}{4}}$, il est impossible de dire si la face w, assurée par son incidence sur p, est ou non rigoureusement dans la zone du plagièdre u et du rhomboèdre qu'il s'agit de déterminer. De très-gros cristaux légèrement enfumés, du Valais, m'ont à leur tour présenté deux faces, ε et w, dans deux zones formées, la première par une large face $e^{\frac{7}{2}}$ brillante et par une face $\mathfrak{z}^{\frac{7}{2}}$; la seconde par le plagièdre u et par la même face $\mathfrak{z}^{\frac{7}{2}}$; ce dernier rhomboèdre $\mathfrak{z}^{\frac{7}{2}}$ est, comme le rhomboèdre $e^{\frac{7}{2}}$, brillant dans sa plus grande étendue : mais au contact des faces ε et w, il offre de larges taches ternes et finement striées, qui par leur inclinaison sur p ne peuvent appartenir qu'à l'inverse $e^{\frac{5}{4}}$.

Quoi qu'il en soit, je ne signale $e^{\frac{5}{4}}$ qu'avec quelques doutes, jusqu'à ce que de nouvelles observations nous apprennent s'il faut l'adopter ou le rejeter définitivement.

$e^{\frac{13}{10}}$. Malgré son signe un peu compliqué, ce rhomboèdre doit exister; car les cristaux *fig.* 20 et 23 *bis* en fournissent des mesures très-nettes et on le trouve indiqué çà et là sur d'autres cristaux du Valais, comme je viens de le faire voir pour le cristal *fig.* 25.

$e^{\frac{4}{3}}$. Ce rhomboèdre est assez fréquent sur les cristaux du Valais; outre les zones $u\,q\,e^{\frac{4}{3}}$, et $e^{\frac{7}{2}}\,w\,e^{\frac{4}{3}}$ déjà décrites par Rose, *fig.* 28 et 32 *a* de son Mémoire, j'ai encore trouvé sur plusieurs cristaux la zone $x\,\mu\,e^{\frac{4}{3}}$. Le remarquable cristal *fig.* 26 réunit la première et la dernière de ces zones.

? $e^{\frac{7}{5}}$, inverse de e^{3}. Une face arrondie et striée, sur un petit cristal d'Australie, fait avec $e^{\frac{1}{2}}$ un angle assez peu

certain, mais cependant très-voisin de l'inclinaison de e^1 sur p ; la même incidence approximative se retrouve sur la mâcle du Dauphiné *fig.* 69, et sur quelques gros cristaux du Brésil; on peut donc ranger le rhomboèdre $e^{\frac{7}{5}}$ parmi ceux dont l'existence est au moins très-probable.

$e^{\frac{25}{17}}$, inverse de $e^{\frac{31}{11}}$. Plusieurs cristaux du Haut-Valais et de Carrare offrent une petite face inclinée sur $e^{\frac{1}{2}}$ d'environ 151° 23′, et tellement nette, que, malgré l'apparence compliquée du symbole, on ne peut méconnaître l'existence de $e^{\frac{25}{17}}$ inverse de $e^{\frac{31}{11}}$. J'ai déjà cité le rhomboèdre $e^{\frac{31}{11}}$ sur un cristal de Carrare; ce cristal, représenté *fig.* 27, ne porte aucune trace de groupements, les rhomboèdres inverses sous $e^{\frac{1}{2}}$ y sont légèrement striés, les rhomboèdres directs sous p sont brillants et légèrement arrondis, de sorte que chaque espèce de rhomboèdre, présentant le caractère qui lui est propre, l'une ne peut être prise pour l'autre.

$e^{\frac{3}{2}}$. Plusieurs gros cristaux du Brésil, le cristal du Valais *fig.* 23 *bis*, et un cristal de Traverselle, m'ont fourni des incidences voisines de 150° 40′, qui rendent très-probable l'existence du rhomboèdre $e^{\frac{3}{2}}$.

? $e^{\frac{11}{7}}$, inverse de $e^{\frac{13}{5}}$. Ce rhomboèdre m'a semblé se présenter sur le cristal d'Australie *fig.* 29; mais il y est tellement strié et arrondi, qu'il est impossible d'assurer son existence par la mesure directe, qui conviendrait tout aussi bien au rhomboèdre connu $e^{\frac{13}{8}}$ inverse de $e^{\frac{5}{2}}$; c'est surtout à cause de la zone qui à l'œil paraît avoir lieu entre $e^{\frac{11}{7}}$, σ_1 plagièdre supérieur de la zone $e^{\frac{1}{2}}\, s\, e^2$, et p, qu'on est amené à adopter $e^{\frac{11}{7}}$ plutôt que $e^{\frac{13}{8}}$; le plagièdre σ_1 est en effet si net et si brillant, que ses mesures conduisent presque forcément au signe $(d^{\frac{7}{22}}\ d^1\ b^{\frac{7}{11}})$ de préférence à

$(d^{\frac{4}{13}}\ d^1\ b^{\frac{8}{13}})$ qui ferait zone avec $e^{\frac{13}{8}}$; comme cette zone ne peut d'ailleurs pas se vérifier exactement sur le goniomètre, à cause des stries du rhomboèdre en question, il est possible que ce ne soit qu'une zone approchée et que le rhomboèdre incertain sous $e^{\frac{1}{2}}$, soit $e^{\frac{13}{8}}$, la face σ_1 conservant son symbole $(d^{\frac{7}{22}}\ d^1\ b^{\frac{7}{11}})$; c'est le rhomboèdre $e^{\frac{13}{8}}$ qui, sur le cristal *fig.* 57, fait partie de la zone s, R $= (d^1\ d^{\frac{8}{4}}\ b^{\frac{3}{5}})$, tandis que sur le remarquable cristal *fig.* 35 il est difficile de s'assurer si c'est à $e^{\frac{13}{8}}$ ou à son voisin $e^{\frac{5}{3}}$ que doivent être rapportées les petites mouchetures finement striées enclavées au milieu du rhomboèdre $e^{\frac{17}{7}}$.

$e^{\frac{5}{3}}$, inverse de $e^{\frac{17}{7}}$. Les incidences qui conduisent à admettre ce rhomboèdre ont été observées sur un assez grand nombre de cristaux de Carrare, sur quelques cristaux du Dauphiné et du Valais, sur un cristal de Traverselle, sur plusieurs cristaux du Brésil et sur un cristal gigantesque de Sibérie; ce qui assure surtout son existence, c'est qu'il fait partie de deux zones bien constatées ; la première est formée par x, λ plagièdre inférieur nouveau de la zone $p\,s\,e^2$, et $e^{\frac{5}{3}}$ (*fig.* 2, 30 et 31, *Pl. I*); la seconde se compose des faces e^2, $\omega = (d^1\ d^{\frac{1}{16}}\ b^{\frac{1}{15}})$ et $e^{\frac{5}{3}}$. *Voy.* le cristal de Carrare, *fig.* 32, *Pl. I.*

? $e^{\frac{19}{11}}$. Le rhomboèdre $e^{\frac{7}{4}}$, très-commun sur les cristaux du Dauphiné, est ordinairement strié plus ou moins profondément, de sorte que sa mesure ne peut pas se prendre toujours très-exactement; lorsqu'il fait partie de la zone $x\ e^{\frac{8}{3}}\ e^{\frac{7}{4}}$, indiquée sur la *fig.* 17 du Mémoire de Rose, les deux premières faces de cette zone étant toujours facilement déterminables, le signe de la troisième s'ensuit nécessairement; mais lorsqu'il se trouve isolé, comme sur certains cristaux de Carrare et du Valais, des mesures assez

nettes, oscillant entre 146° 10′ et 146° 22′, font penser que $e^{\frac{7}{4}}$ peut être quelquefois remplacé par le rhomboèdre un peu plus obtus $e^{\frac{19}{11}}$.

$e^{\frac{11}{6}}$. Certains cristaux, fortement enfumés, du Dauphiné offrent des gradins très-prononcés dont les faces, souvent assez larges, coupent le rhombe s suivant des lignes visiblement inclinées à l'intersection de s sur p (*fig.* 33, *Pl. I*); ces faces ne peuvent donc pas appartenir au prisme e^2; quoiqu'elles soient légèrement striées, leur mesure s'obtient avec assez d'exactitude.

En outre, de petits cristaux limpides du Brésil, un cristal enfumé du Valais, et un cristal de Traverselle, fournissent des nombres assez concordants, pour qu'on soit amené à admettre le symbole $e^{\frac{11}{6}}$: un petit cristal limpide du Brésil m'a offert une double troncature formée par deux faces ternes et grenues, situées dans la zone latérale $e^2, e^{\frac{11}{6}}$.

? $e^{\frac{23}{12}}$ ou $e^{\frac{27}{14}}$; d'autres cristaux du Brésil et du Dauphiné, quelques cristaux de l'Oisans et de Traverselle donnent des mesures suffisamment nettes, pour faire reconnaître au moins un de ces deux rhomboèdres, encore plus aigus que le précédent : l'ensemble des observations sur les cristaux de l'Oisans, de Traverselle *fig.* 36, et du Brésil, conduit à admettre $e^{\frac{23}{12}}$; le cristal enfumé *fig.* 33 indique plutôt $e^{\frac{23}{14}}$.

En résumé, on voit que parmi les nouveaux rhomboèdres, soit directs, soit inverses que j'ai observés, un certain nombre sont assurés dès à présent par leurs incidences ou par les zones dont ils font partie; les autres restent douteux, jusqu'à ce que des cristaux plus nets permettent de fixer rigoureusement le symbole qui doit les représenter. Parmi les vingt-neuf rhomboèdres directs, ou parallèles au primitif, qu'on connaît maintenant dans le quartz, dix-sept ont leurs inverses plus ou moins certains; les douze

autres paraissent jusqu'ici hémièdres, lorsqu'on les fait dériver du système hexagonal.

Les rhomboèdres inverses au primitif sont au nombre de trente et un ; il y en aurait donc quatorze hémièdres si on les rapportait au prisme hexagonal régulier.

A l'exception des rhomboèdres douteux $e^{\frac{11}{7}}$ et $e^{\frac{31}{11}}$, tous ceux qui possèdent leurs inverses ont des symboles hexagonaux simples. Quant aux rhomboèdres directs, dont les inverses ne sont pas connus; le signe hexagonal peut être exprimé par un nombre assez compliqué, lors même que leur signe rhomboïdal est simple; c'est ce qu'on remarque notamment pour les rhomboèdres douteux e^{15} et e^{12}.

Dans les rhomboèdres inverses qui n'ont pas leurs correspondants parmi les solides parallèles au primitif, les deux notations rhomboïdale et hexagonale sont au contraire simples ou compliquées à la fois.

III. — Face rhombe, *s*.

La face rhombe *s*, par sa position sur le rhomboèdre primitif, peut être considérée comme la limite entre les plagièdres de la zone $e^{\frac{1}{2}} s e^{2}$, et ceux de la zone $p s e^{2}$, dont il sera question plus loin, de sorte que son signe peut s'écrire indifféremment $(b^{\frac{1}{2}} d^{1} d^{\frac{1}{4}})$ ou $(d^{1} d^{\frac{1}{4}} b^{\frac{1}{2}})$. Dans les cristaux prismés simples, cette face, comme l'a fait remarquer M. Rose, n'existe jamais que sur trois des angles solides de la pyramide supérieure, et sur les trois angles de la pyramide inférieure, situés à l'extrémité des mêmes arêtes verticales que la première; si l'on suppose ces six troncatures suffisamment prolongées pour se rencontrer, elles forment, suivant qu'elles sont situées sur trois angles alternes, ou sur les trois autres, deux solides symétriques égaux, mais opposés, composés chacun de six faces triangulaires, et dont la réunion constituerait un isocéloèdre; ce sont ces solides que M. Rose nomme *trigonoèdres*, et qu'on peut

désigner simplement sous le nom d'*hémi-isocéloèdres* droit et gauche. Ainsi que je le dirai bientôt, en parlant de certains plagièdres, le phénomène de la rotation du quartz paraît surtout lié à la position de ces hémi-isocéloèdres, qui jouent ainsi le même rôle que les deux solides hémièdres opposés, reconnus dans tous les sels où l'on a observé la polarisation rotatoire; nous retrouvons ici le même genre de symétrie que dans les sels cubiques préparés par M. Marbach, où chaque solide hémièdre considéré isolément, peut être superposé à son inverse, tandis que dans les combinaisons dont ils font partie, ils ne jouissent pas de cette propriété.

Le cristal fortement enfumé *fig.* 33, *Pl. I*, qui ne présente à l'extérieur aucune apparence d'enchevêtrement, paraît d'abord faire exception à l'hémiédrie dont je viens de parler, car il offre deux faces rhombes, situées sur deux angles solides adjacents; mais si l'on examine des plaques coupées perpendiculairement à l'axe de ce cristal, on voit déjà dans la lumière naturelle que la disposition de la matière fuligineuse annonce un groupement d'au moins deux cristaux, et dans la lumière polarisée la structure paraît encore plus compliquée; en effet, une première plaque, prise tout à fait à l'extrémité inférieure, se compose d'une grande plage lévogyre et de trois plages plus petites, triangulaires, presque entièrement dénuées de rotation; une seconde plaque sciée, un peu plus haut dans le cristal, fait voir que toutes les parties portant la flèche ↘ (*fig.* 8, *Pl. IV*), possèdent la rotation gauche, tandis que la petite portion marquée ↗ offre la rotation droite; dans les plages N et N, les deux rotations contraires se détruisent presque complétement : il est probable que dans une plaque prise encore plus près du sommet, la petite plage dextrogyre s'accroîtrait aux dépens de la petite plage lévogyre; cependant il est impossible de rien affirmer à cet égard, car on voit que, si l'ensemble du cristal *fig.* 33 se compose bien d'un ou de plusieurs individus dextrogyres, et d'un ou de plusieurs

individus lévogyres, l'enchevêtrement de ces individus est tout à fait irrégulier et ne paraît nullement en rapport avec l'enveloppe extérieure; on peut même remarquer que toute la partie située à doite de la plaque *fig.* 8, *Pl. IV*, qui semble correspondre au plus grand rhombe droit *s*, est celle où l'on trouve la rotation gauche, tandis que c'est dans une partie placée en avant, et un peu à gauche de cette plaque, correspondant plutôt au petit rhombe *s*, qu'on rencontre la rotation droite.

La même irrégularité et la même confusion des deux rotations se sont aussi manifestées dans une plaque prise au milieu d'un échantillon composé de deux individus portant, l'un le plagièdre *x* à droite, et l'autre le même plagièdre à gauche, et accolés de manière à offrir, d'un côté deux sommets bien distincts, et de l'autre côté un seul prisme comprimé suivant deux faces parallèles.

Les cristaux si limpides de Little-Falls, près Trenton, comté de New-York, dont quelques-uns ont été décrits comme très-réguliers par M. Rose, offrent presque tous sur les faces de leurs sommets des ondulations plus ou moins semblables à celles de la *fig.* 34, copiée d'après un cristal appartenant à M. de Verneuil; un certain nombre porte la face rhombe sur trois ou quatre angles contigus; et quoique la limite des individus enchevêtrés soit souvent difficile à reconnaître sur ces cristaux, la lumière polarisée fait voir que ceux sur lesquels les faces rhombes modifient régulièrement trois angles solides alternes, présentent une masse assez homogène traversée par quelques flammes triangulaires de même rotation que cette masse, tandis que ceux où les faces rhombes sont contiguës, se composent de deux individus de rotations inverses, accolés parallèlement à une face *p*. Il peut, du reste, arriver que l'un des individus soit tellement prédominant, que toute la plaque semble n'avoir qu'une seule rotation : j'ai, en effet, observé une plaque, comprenant dans son épaisseur une portion des faces de la

pyramide et une portion des faces verticales, qui avait été extraite d'un petit cristal limpide du Brésil; cette plaque, prise au centre même de l'échantillon, offre sur trois angles contigus une face rhombe parfaitement nette, qui semble promettre deux rotations bien distinctes; or, dans toute son étendue, la lumière polarisée ne développe, au contraire, qu'une seule teinte uniforme et homogène, et ce n'est que dans un tout petit angle, situé au-dessus du troisième rhombe, intercalé, sans sutures visibles, au milieu des deux autres, qu'on aperçoit des traces d'une rotation contraire à la rotation générale : un autre gros cristal du Brésil portant un plagièdre x, de même sens, sur trois angles solides contigus et un angle rentrant très-prononcé qui annonce bien une mâcle, a également été coupé et poli par les deux bouts; l'enchevêtrement des individus qui a fait naître cet angle rentrant est si superficiel, que la lumière polarisée ne paraît déterminer qu'une teinte uniforme dans toute la masse, et qu'il faut employer des artifices particuliers pour apercevoir quelques légers groupements intérieurs.

Quoi qu'il en soit, on peut dire que tout cristal géométriquement ou physiquement simple ne doit porter la face rhombe que sur trois angles alternes du prisme hexagonal, et que toute face rhombe irrégulièrement placée sur un ou plusieurs des autres angles annonce une pénétration d'individus de rotations opposées.

Quant aux zones dont le rhombe s fait partie, j'ai déjà cité, *fig.* 17, *Pl. I*, la zone $e^{\frac{7}{2}}\ s\ e^{\frac{4}{5}}$; l'agrandissement des faces $e^{\frac{7}{2}}$ peut réduire le rhomboèdre $e^{\frac{4}{5}}$ à un plan presque imperceptible, ou même le faire disparaître complétement : il en résulte alors une bordure étroite formée par la face s, entre deux faces $e^{\frac{7}{2}}$ (*fig.* 18).

J'ai encore rencontré dans la zone dont je viens de parler une petite face très-étroite entre s et $e^{\frac{7}{2}}$; son symbole est $8 = (b^{\frac{1}{11}}\, d^1\, d^{\frac{1}{4}})$ (*fig.* 44, *Pl. II*).

Enfin, deux cristaux du Brésil m'ont offert la zone remarquable s, $R = (d^1 d^{\frac{3}{4}} b^{\frac{3}{5}})$ et $e^{\frac{13}{8}}$ (*fig.* 57, *Pl. II*); et sur le cristal du Dauphiné *fig.* 35 j'ai cru reconnaître une nouvelle face $\Phi = (b^{\frac{1}{5}} d^1 d^{\frac{5}{11}})$ très-voisine de l'inverse de R, et déterminant la zone $s\, \Phi\, e^{\frac{17}{7}}$.

IV. — Plagièdres de la zone $e^{\frac{1}{2}} s\, e^2$, ou trapézoèdres de premier ordre.

1°. Plagièdres inférieurs à s.

Tous les plagièdres de cette première catégorie peuvent être ramenés, dans la notation de Lévy, à un symbole de l'une des formes $(b^x d^1 d^{2x})$ ou $(b^x d^1 d^{\frac{x}{2}})$; ces plagièdres forment avec le rhombe s et la face $e^{\frac{1}{2}}$ de leur zone une hélice, tantôt *dextrorsùm*, tantôt *sinistrorsùm*, de sorte qu'ils se trouvent soit à droite, soit à gauche de l'observateur qui regarderait devant lui une face supérieure du rhomboèdre primitif p, et la face prismatique e^2 faisant partie de cette hélice (*fig.* 2 et 3, *Pl. I*).

Dans les cristaux examinés jusqu'à présent, on avait admis, d'après les observations de sir W. Herschel, que le phénomène de la rotation se manifestait en général dans le même sens que l'hélice dont je viens de parler, et on en avait conclu une règle pratique pour trouver à priori le sens de la rotation des cristaux; d'après cette règle, si l'on prend une plaque perpendiculaire à l'axe d'un cristal offrant l'hélice droite, par exemple, et qu'on l'interpose sur le trajet d'un rayon simple de lumière polarisée, reçu dans un analyseur quelconque, le plan de polarisation sera dévié à droite de l'observateur; en substituant au rayon simple un rayon de lumière blanche, et partant du plan primitif de polarisation, l'analyseur, tourné de gauche à droite ↗, fera voir la teinte bleue passant par une teinte violacée pour arriver au rouge, dans les substances semblables au quartz, où la

succession des couleurs suit l'ordre de leur réfrangibilité; de même, si l'on opérait sur une plaque provenant d'un cristal à hélice gauche, l'analyseur devrait être tourné de droite à gauche ↖, pour produire la même série de phénomènes. C'est d'après cette définition que j'emploierai désormais la désignation abrégée de cristaux droits ou dextrogyres, et de cristaux gauches ou lévogyres; je ferai seulement remarquer dès à présent que la règle précédente est loin d'offrir toute la généralité qu'on lui supposait, car j'ai trouvé un ou deux plagièdres inférieurs, et plusieurs plagièdres supérieurs qui lui échappent complétement.

On sait que l'hémiédrie particulière au quartz, désignée sous le nom de *tétartoédrie* par les auteurs allemands, qui rapportent ce minéral au système hexagonal, consiste en ce que, dans les cristaux simples, les plagièdres *inférieurs* de la zone $e^{\frac{1}{2}} s\, e^2$, comme ceux de la zone $p s e^2$, ne se présentent ordinairement que sur trois angles alternes du prisme à six faces, et d'un seul côté à la fois de l'observateur; le prolongement des troncatures ainsi produites, ne détermine donc que la moitié du solide qui en résulterait sur un solide homoèdre du système rhomboédrique, ou le quart du solide considéré dans le système hexagonal. Ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que dans les innombrables combinaisons qu'affectent les cristaux enchevêtrés, rien n'est plus rare que de trouver le même plagièdre, à droite et à gauche, sur une même face verticale. M. Rose a signalé l'existence de ce fait, *fig.* 50 de son Mémoire, sur de petits cristaux des îles Féroë, et sur des cristaux tapissant des druses dans des amygdaloïdes présumées du Brésil, qu'on peut regarder comme de l'améthyste incolore. D'après le savant professeur, le Musée royal de Berlin possède un échantillon du Saint-Gothard, offrant, comme le cristal du Dauphiné représenté par sa *fig.* 25, un plagièdre x droit, et un gauche sur deux angles contigus; un autre cristal de Suisse, appartenant à la même collection, porte un pla-

giėdre droit, et le même plagièdre gauche sur deux angles alternes.

Parmi les cristaux d'Europe que j'ai eus entre les mains, le cristal composé *fig.* 35, *Pl. II*, est le seul qui paraisse annoncer la coexistence signalée par M. Rose ; cette coexistence s'est, au contraire, montrée assez fréquemment sur de petites améthystes peu ou point colorées qui tapissent des géodes d'agathe rubanée, ou des stalactites de quartz prase, venues récemment de l'Uruguay ; seulement ces échantillons ne m'ont fourni que rarement des incidences pouvant conduire à la face x ou à une face très-voisine. Mes mesures les plus nettes se rapportent au plagièdre u et à un plagièdre nouveau $\nu_1 = \left(b^{\frac{3}{8}} d^1 d^{\frac{3}{4}}\right)$, que je décrirai plus loin.

Désirant m'assurer si, comme l'a admis M. Rose, la présence d'un même plagièdre inférieur, placé à droite et à gauche sur une même face verticale, annonce toujours la pénétration de deux individus de rotations contraires, j'ai fait tailler perpendiculairement à l'axe quelques-unes de ces améthystes, dont les enchevêtrements n'étaient pas visibles à l'extérieur, et j'ai vu par leur aspect dans la lumière polarisée, qui rappelle confusément celui des améthystes à six secteurs triangulaires, dont il sera question à la fin de ce Mémoire, qu'elles se composaient de plages dextrogyres et de plages lévogyres irrégulièrement assemblées.

Un examen de ce genre qui présenterait encore plus d'importance, serait celui des cristaux transparents du Brésil. On sait, en effet, que c'est surtout dans ces cristaux, employés presque exclusivement par les opticiens, qu'on rencontre si souvent des plaques offrant deux rotations égales et contraires, qui se neutralisent suivant une ligne droite ; on sait aussi que c'est en étudiant ces plaques avec soin que M. Soleil père est parvenu, en 1845, à reproduire artificiellement le phénomène des lignes neutres par l'ap-

plication, suivant un plan parallèle à une face de la pyramide, de deux plaques de même épaisseur, mais de rotations inverses : malheureusement, malgré toutes mes recherches chez les lapidaires de Paris et de Londres, il m'a été impossible non-seulement de me procurer un seul cristal complet offrant cette propriété, mais même d'obtenir aucun renseignement précis sur les sommets des échantillons qui ont fourni les plaques à deux rotations, connues de tous les physiciens. Tout ce que j'ai pu savoir, c'est que ces sommets sont rarement entiers, ce qui se conçoit facilement pour des échantillons venus du Brésil en Europe dans des tonneaux ou dans des sacs, où le frottement use toutes leurs arêtes, et que, lorsqu'ils existent, ils sont presque toujours, pour économiser la main-d'œuvre, abattus par les ouvriers chargés du sciage des plaques qu'on veut extraire du cristal. Maintenant que j'ai appelé sur ce point l'attention des opticiens qui travaillent le quartz, j'espère qu'un heureux hasard permettra quelque jour d'étudier comparativement les plaques à deux rotations du Brésil et le sommet des cristaux d'où elles auront été extraites, comme j'ai pu le faire pour les cristaux à rhombes contigus du comté de New-York et pour les améthystes incolores de l'Uruguay (1).

Cette comparaison serait d'autant plus intéressante, que, comme je l'ai dit plus haut, la relation qui paraît lier le sens de la rotation au sens de l'hélice formée par les plagièdres de la zone $e^{\frac{1}{2}} s e^2$ n'existe même pas pour tous les plagièdres inférieurs de cette zone ; de sorte qu'il serait plus exact, ainsi que le propose M. Haidinger (2), de con-

(1) J'ai été à même d'examiner l'été dernier, chez M. Garritt, lapidaire à Londres, quatre tonneaux remplis des quartz incolores du Brésil qui sont employés par plusieurs opticiens anglais pour faire des verres de lunettes; je n'ai trouvé dans cette immense quantité d'échantillons, qu'une trentaine de cristaux ayant conservé leurs faces et leurs arêtes plus ou moins usées, mais cependant encore reconnaissables ; aucun de ces cristaux ne portait un même plagièdre dans deux directions opposées.

(2) *Ueber den Pleochroïsmus und die Krystallstructur des Amethystes.* Mémoire lu à l'Académie des Sciences de Vienne, en mars 1854.

sidérer le rhombe *s* comme le principal élément gyratoire du quartz.

En effet, la *fig.* 38 représente un petit cristal limpide de Carrare, dont une partie seulement est bien conformée, le reste ayant été produit par une cristallisation gênée dans son développement; deux angles solides alternes de la partie complète offrent à la droite de l'observateur le rhombe *s* et le plagièdre x, mais en même temps sur une des faces verticales e^2, qui porte x droit, on voit à gauche une face assez nette et bien mensurable, dont l'incidence sur e^2, quoique un peu forte, ne peut se rapporter qu'au plagièdre ν de la zone $e^{\frac{1}{2}} s e^2$ ou à une face très-voisine de celle-là. Au-dessus de ce plagièdre paraît exister encore une bordure très-étroite, dont la mesure s'accorderait assez bien avec celle de x; mais la réflexion qu'elle m'a fournie était tellement vague, que je ne la cite qu'avec doute.

On sait que, grâce à l'irrégularité des pénétrations intérieures, les phénomènes développés par la lumière polarisée dans des plaques de quartz peuvent offrir des différences notables, suivant la hauteur du cristal où ces plaques ont été prises. Pour me mettre à l'abri de cette cause d'erreur, j'ai fait polir par les deux bouts le cristal *fig.* 38, et j'ai vu avec étonnement qu'il ne présentait aucune trace d'enchevêtrement; sa structure intérieure est parfaitement homogène, et la rotation qu'il possède est, dans toute son étendue, droite comme le plagièdre x, et par conséquent opposée au plagièdre ν.

La description des plagièdres supérieurs que j'ai trouvés sur les cristaux de Traverselle, montrera, en outre, que la plupart de ces faces se présentent à la fois des deux côtés de l'observateur, et qu'elles font indifféremment partie de la spirale qui tourne avec ou contre la rotation; elles ne peuvent donc nullement indiquer le sens de ce phénomène.

Les plagièdres inférieurs de la zone $e^{\frac{1}{2}} s e^2$, connus jus-

qu'ici, étaient au nombre de quatre :

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.	
$\nu = (b^{\frac{5}{16}} d^1 d^{\frac{5}{8}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{7}} h^1)$	hémièdre.
$x = (b^{\frac{1}{4}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{5}} h^1)$	homoèdre?
$y = (b^{\frac{1}{5}} d^1 d^{\frac{2}{5}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{4}} h^1)$	hémièdre.
$u = (b^{\frac{1}{8}} d^1 d^{\frac{1}{4}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{3}} h^1)$	homoèdre.

J'ai, en outre, trouvé des indications plus ou moins nettes des cinq suivants :

? $\nu_4 = (b^{\frac{11}{24}} d^1 d^{\frac{11}{12}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{35}} h^1)$	hémièdre.
$\nu_3 = (b^{\frac{7}{16}} d^1 d^{\frac{7}{8}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{23}} h^1)$	hémièdre.
$\nu_2 = (b^{\frac{5}{12}} d^1 d^{\frac{5}{6}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{17}} h^1)$	hémièdre.
? $\nu_1 = (b^{\frac{5}{13}} d^1 d^{\frac{10}{13}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{12}} h^1)$	homoèdre?
ou bien		
$\nu_1 = (b^{\frac{3}{8}} d^1 d^{\frac{3}{4}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{11}} h^1)$	hémièdre.
$\sigma = (b^{\frac{1}{4}} d^1 d^{\frac{1}{8}})$.	$(b^1 b^{\frac{5}{7}} h^1)$	homoèdre.

Le plagièdre ν, cité par Miller, paraît très-rare ; je ne l'ai, pour ma part, trouvé que sur deux cristaux du Brésil, dont un ne peut donner, à cause de sa grosseur, que des mesures un peu incertaines, et sur une améthyste de Sibérie. Les incidences fournies par cette améthyste et par le petit cristal de Carrare *fig.* 38, dont j'ai parlé ci-dessus, conduiraient à modifier légèrement le symbole adopté par Miller, qui deviendrait, en se simplifiant : $\nu = (b^{\frac{1}{3}} d^1 d^{\frac{2}{3}})$, ayant pour correspondant hexagonal $(b^1 b^{\frac{1}{8}} h^1)$; la face représentée par ce signe fort simple ferait avec e^2 un angle un peu plus grand que celui qui est donné par Miller : la forme même du symbole de cette face fait voir qu'il y aurait zone entre une face inférieure du rhomboèdre primitif p,

le prisme symétrique $k_1 = (b^{\frac{1}{3}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$, la face ν et le rhomboèdre e^3; mais cette zone n'a jamais été observée directement.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
? $\nu_4 = (b^{\frac{1}{24}} d^1 d^{\frac{1}{12}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{35}} h^1)$ hémièdre.

Cette face, qui ne s'est trouvée que sur deux angles d'un petit cristal du Brésil, de forme analogue à certains cristaux du Dauphiné, et sur un cristal jaune de la même localité, appartenant à la collection du Muséum, présente quelque incertitude dans ses incidences; elle ne semble pourtant pas pouvoir se confondre avec la suivante: toutefois, comme son signe rhomboédrique est assez compliqué, je ne la cite qu'avec quelques doutes.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\nu_3 = (b^{\frac{7}{16}} d^1 d^{\frac{7}{8}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{23}} h^1)$ hémièdre.

Cette face, un peu plus commune que la précédente, sur de petits cristaux limpides du Dauphiné, du Brésil et du Valais, est souvent légèrement arrondie; par suite, la mesure de ses angles offre quelques variations. Cependant, comme les limites extrêmes entre lesquelles oscille cette mesure s'éloignent très-notablement des nombres trouvés pour ν_4, on peut admettre à peu près avec certitude le nombre un peu compliqué $(b^{\frac{7}{16}} d^1 d^{\frac{7}{8}})$.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\nu_2 = (b^{\frac{5}{12}} d^1 d^{\frac{5}{6}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{17}} h^1)$ hémièdre.

Ce plagièdre, beaucoup plus commun que les deux précédents, s'est rencontré sur le cristal gigantesque de Sibérie *fig.* 31, sur le cristal du Haut-Valais *fig.* 37, sur quelques cristaux du Dauphiné et sur un grand nombre de cristaux de Carrare et du Brésil; il est presque toujours légèrement arrondi, et, parmi les nombreuses mesures que

j'en ai prises, quelques-unes sembleraient conduire au signe moins simple $(b^{\frac{9}{22}} d^1 d^{\frac{9}{11}})$; mais le symbole hexagonal correspondant étant $(b^1 b^{\frac{2}{31}} h^1)$, et, de plus, la plupart des observations s'accordant avec le calcul du premier signe, on doit évidemment s'arrêter à $(b^{\frac{5}{12}} d^1 d^{\frac{5}{6}})$: ce plagièdre paraît exister quelquefois à droite et à gauche de l'observateur sur une même face verticale de certaines améthystes du Brésil.

	Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
? ν_1 =	$(b^{\frac{5}{13}} d^1 d^{\frac{10}{13}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{12}} h^1)$ homoèdre ?

Cette face, moins certaine que la précédente, ne s'est montrée que sur un cristal de Québec et sur un petit cristal d'améthyste de Sibérie. Le premier porte, en outre, à l'un de ses sommets les trois faces du rhomboèdre équiaxe b^1, et sur l'un des angles solides du prisme, le plagièdre n de la zone pse^2; le second, dont les enchevêtrements se trahissent à l'extérieur, est probablement composé d'un cristal dextrogyre et d'un cristal lévogyre, car la face verticale qui porte ν_1 à gauche de l'observateur, porte en même temps, à sa droite, une autre face ν de la même zone. Quelques petits cristaux d'améthyste incolore de l'Uruguay, dont j'ai parlé précédemment, offrent aussi, sur une même face verticale, deux facettes très-voisines de ν_1, dont l'une fait partie d'une hélice *dextrorsùm* et l'autre d'une hélice *sinistrorsùm*. Les incidences de ces facettes conduisent au symbole fort simple $(b^{\frac{3}{8}} d^1 d^{\frac{3}{4}})$, plutôt qu'à $(b^{\frac{5}{13}} d^1 d^{\frac{10}{13}})$, dont l'admission n'est rendue probable que par l'existence de son inverse n, plagièdre de la zone pse^2. Suivant qu'on adoptera l'un ou l'autre de ces symboles, on voit que la face ν_1 sera comprise dans l'une des deux zones formées par une face inférieure p, avec l'un des rhomboèdres $e^{\frac{13}{5}}$ ou $e^{\frac{8}{3}}$; aucune de ces deux zones ne s'est, du reste, rencontrée sur les cristaux.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$x = (b^{\frac{1}{4}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{5}} h^1)$ homoèdre.

Ce plagièdre, qu'on trouve fréquemment sur les cristaux de presque toutes les localités, joue évidemment un rôle au moins aussi important que le rhombe s, dans la cristallisation du quartz; car, outre les zones anciennement connues dont il fait partie, j'en ai trouvé beaucoup d'autres dont il forme un des membres essentiels.

M. Rose a cité dans son Mémoire : *fig.* 16, zone $x\, e^{\frac{13}{5}}\, e^2$; *fig.* 17, zone $x\, e^{\frac{8}{5}} e^{\frac{7}{4}}$ très-commune sur les cristaux du Dauphiné; *fig.* 23, zone x, $\mu = (d^1 d^{\frac{1}{2}} b^{\frac{1}{2}})$, $e^{\frac{4}{3}}$; et zone $e^{\frac{4}{3}}$ supérieur, $n = (d^1 d^{\frac{4}{5}} b^{\frac{1}{2}})$ supérieur, x inférieur; enfin, *fig.* 28, zone $x\, e^{\frac{7}{2}} e^{\frac{1}{2}}$; la zone $x\, \mu\, e^{\frac{4}{3}}$ se rencontre assez fréquemment sur des cristaux du Valais (*fig.* 26, *Pl. I*).

Les nouvelles zones où j'ai rencontré x sont les suivantes :

x, $\lambda = (d^1 d^{\frac{11}{16}} b^{\frac{1}{2}})$, plagièdre nouveau, de la zone pse^2, et $e^{\frac{5}{3}}$ (*fig.* 2, 30 et 31, *Pl. I*).

x, $\lambda_1 = (d^1 d^{\frac{29}{44}} b^{\frac{1}{2}})$, plagièdre douteux de la zone pse^2, et $e^{\frac{13}{8}}$ (*fig.* 39, *Pl. II*).

x supérieur, n_1 inférieur, $n_1 = (d^1 d^{\frac{7}{8}} b^{\frac{1}{2}})$, plagièdre nouveau de la zone pse^2, voisin de la face n, de Rose, et $e^{\frac{5}{3}}$ inférieur (*fig.* 37, *Pl. II*).

x supérieur, n_2 inférieur, $n_2 = (d^1 d^{\frac{9}{10}} b^{\frac{1}{2}})$, plagièdre nouveau, voisin de n_1, et $e^{\frac{7}{4}}$ inférieur (*fig.* 70, *Pl. III*).

e^2 droit, x droit, $e^{\frac{11}{4}}$, ou e^2 gauche, x gauche, $e^{\frac{11}{4}}$; j'ai déjà indiqué cette zone comme très-probable, en décrivant le rhomboèdre $e^{\frac{11}{4}}$; son existence a été tout à fait assurée

par la découverte de deux nouvelles faces qu'elle comprend nécessairement :

L'une, $\alpha = (d^1 d^{\frac{22}{27}} b^{\frac{11}{24}})$, forme une bordure très-nette entre e^2, et x, sur des cristaux du Haut-Valais (*fig.* 37 et 40, *Pl. II*) ;

L'autre, $\Delta = (b^{\frac{1}{9}} d^1 d^{\frac{1}{6}})$, a été observée sur plusieurs cristaux de Carrare et sur un cristal de l'Oural (*fig.* 41, 62 et 65, *Pl. II*).

$x\ \Pi_1\ e^{\frac{7}{2}}\ e^{\frac{1}{2}}$; $\Pi_1 = (b^{\frac{3}{11}} d^1 d^{\frac{8}{4}})$, face nouvelle sur un cristal de Viesch, en Valais.

$x\ \Xi\ e^{\frac{9}{4}}$; $\Xi = (b^{\frac{5}{13}} d^1 d^{\frac{5}{6}})$, face nouvelle, très-remarquable, sur le cristal du Brésil (*fig.* 2, *Pl. II*).

$x\ z_1\ z\ \Sigma\ e^{\frac{11}{5}}$; $z_1 = (b^{\frac{5}{17}} d^1 d^{\frac{3}{5}})$, face nouvelle, sur un cristal du Brésil (*fig.* 42, *Pl. II*); $z = (b^{\frac{3}{8}} d^1 d^{\frac{27}{34}})$, face nouvelle, sur quelques cristaux du Brésil (*fig.* 3, *Pl. I*, et *fig.* 42, *Pl, II*); $\Sigma = (b^{\frac{2}{5}} d^1 d^{\frac{6}{7}})$, face nouvelle, sur plusieurs cristaux du Brésil (*fig.* 3, *Pl. I*).

$x\ \Sigma_1\ e^{\frac{31}{18}}$; $\Sigma_1 = (b^{\frac{18}{43}} d^1 d^{\frac{6}{7}})$, face nouvelle sur un cristal du Dauphiné?

$p\ \chi\ \chi_1\ \chi_2\ \chi_3\ x$; $\chi = (b^{\frac{1}{40}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$, face nouvelle sur le beau cristal du Brésil (*fig.* 3, *Pl. I*); $\chi_1 = (b^{\frac{1}{20}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$, face nouvelle sur le cristal gigantesque de Sibérie (*fig.* 31, *Pl. I*), et sur plusieurs cristaux du Brésil (*fig.* 43, *Pl. II*); $\chi_2 = (b^{\frac{1}{10}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$, face nouvelle sur le remarquable cristal du Brésil représenté *fig.* 43, *Pl. II*; c'est à l'une de ces trois faces que doit s'appliquer le signe $(b^{\frac{1}{18}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$, proposé par Wakkernagel, pour une face que sa petitesse n'a pas permis de mesurer, et que M. Rose cite comme formant une bordure linéaire sur des cristaux de Suisse, du Dauphiné et du Jåmtland ; $\chi_3 = (b^{\frac{3}{20}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$, face très-étroite, sur quelques cristaux du Tyrol (*fig.* 45, *Pl. II*).

Les détails que je donnerai plus loin sur chacune de ces faces feront voir pourquoi j'ai adopté les symboles que je viens d'écrire, malgré la complication apparente de plusieurs d'entre eux.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$y = (b^{\frac{1}{5}}\, d^1 d^{\frac{2}{5}})$.	$(b^1\, b^{\frac{1}{4}}\, h^1)$ hémiedre.

Ce plagièdre est beaucoup plus rare que le précédent et que le suivant; je l'ai trouvé sur des cristaux du Valais, du Dauphiné et d'Australie; de même que x, il fait avec le rhomboèdre primitif p, une nouvelle zone dont la troisième face $\varphi = (b^{\frac{1}{8}} d^1\, d^{\frac{2}{5}})$ ne s'est rencontrée que sur les deux cristaux représentés *fig.* 24, *Pl. I*, et *fig.* 44, *Pl. II;* ce dernier cristal seul portant une légère indication de la face y, ce n'est que par le symbole de φ que la zone dont je viens de parler a été découverte.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$u = (b^{\frac{1}{8}}\, d^1 d^{\frac{1}{4}})$.	$(b^1\, b^{\frac{1}{3}}\, h^1)$ homoèdre.

Ce plagièdre, beaucoup plus abondant que y, accompagne presque toujours x; ses faces sont ordinairement ternes ou piquetées, tandis que celles de x, quelquefois ondulées, sont toujours brillantes; son importance dans la cristallisation du quartz se rapproche de celle de x, car il fait aussi partie de plusieurs zones différentes; ainsi, outre la zone $u\ q\ e^{\frac{4}{3}}$, représentée sur la *fig.* 28 de Rose, j'ai rencontré les suivantes :

u, $\varepsilon = (d^1 d^{\frac{2}{5}} b^{\frac{1}{2}})$, plagièdre de la zone $p\,s\,e^2$, et $e^{\frac{8}{7}}$, rhomboèdre nouveau (*fig.* 23 et *fig.* 23 *bis*, *Pl. I*).

u, $w = (d^1\, d^{\frac{7}{16}}\, b^{\frac{1}{2}})$, plagièdre de la zone pse^2, et $e^{\frac{5}{4}}$, rhomboèdre probable, inverse de e^{7} (*fig.* 25, *Pl. I*).

u, $\rho = (d^1 d^{\frac{5}{8}} b^{\frac{1}{2}})$, plagièdre de la zone pse^2, et $e^{\frac{13}{8}}$, (*fig.* 28, *Pl. I*).

Dans la zone $e^2\ u\ e^{\frac{7}{2}}$, indiquée sur les *fig.* 28, 31 et 32 du Mémoire de G. Rose, j'ai encore trouvé les trois faces nouvelles :

$i = (d^1 d^{\frac{4}{5}} b^{\frac{6}{13}})$ (*fig.* 46 et 47, *Pl. II*).

$i_1 = (d^1 d^{\frac{6}{7}} b^{\frac{9}{19}})$ (*fig.* 48, *Pl. II*).

$i_2 = (d^1 d^{\frac{10}{11}} b^{\frac{15}{31}})$ (*fig.* 49, *Pl. II*).

De ces trois nouvelles modifications, c'est la première qui est la moins rare et la mieux déterminée; la troisième est également certaine; la seconde est un peu douteuse.

Enfin, dans la même zone j'ai de plus rencontré :

$\Pi = (b^{\frac{1}{6}} d^1 d^{\frac{3}{8}})$, formant une bordure étroite entre u et $e^{\frac{7}{2}}$ (*fig.* 25, *Pl. I*).

$p\ \Upsilon\ \Upsilon_1\ \Upsilon_2\ u$; $\Upsilon = (b^{\frac{1}{72}} d^1 d^{\frac{1}{4}})$ face nouvelle sur un cristal transparent de Viesch, en Valais; $\Upsilon_1 = b^{\frac{1}{36}} d^1 d^{\frac{1}{4}})$ face nouvelle sur un cristal du Valais (*fig.* 26, *Pl. I*); $\Upsilon_2 = (b^{\frac{1}{12}} d^1 d^{\frac{1}{4}})$, face nouvelle sur des cristaux du Tyrol (*fig.* 45, *Pl. II*); cette zone est de la même espèce que celles que j'ai citées précédemment, entre la face p et les plagièdres x et y.

u supérieur, φ supérieur et p inférieur; cette zone, inobservée sur les cristaux, est facile à constater par la comparaison des symboles rhomboédriques des faces $u = (b^{\frac{1}{8}} d^1 d^{\frac{1}{4}})$ et $\varphi = (b^{\frac{1}{8}} d^1 d^{\frac{2}{5}})$.

Outre les zones nombreuses dont le plagièdre u fait partie, on peut encore citer parmi ses propriétés remarquables celle de faire partie à la fois, sur un même cristal, de deux hélices opposées, comme cela se voit sur certaines améthystes incolores de l'Uruguay, dont j'ai déjà parlé plusieurs fois.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\sigma = (d^{\frac{1}{8}} d^1 b^{\frac{1}{4}}) = (b^{\frac{1}{4}} d^1 d^{\frac{1}{8}})$.	$(b^1 b^{\frac{5}{7}} h^1)$ homoèdre.

Ce plagièdre, que je n'ai rencontré que sur le cristal composé de Traverselle *fig.* 50, *Pl. II*, offre quelque incertitude dans ses incidences et peut être exprimé par plusieurs symboles assez simples ; mais, comme le plus simple de tous est précisément l'inverse du plagièdre θ de la zone pse^2, dont les angles rentrent d'ailleurs dans les limites entre lesquelles oscille la mesure de σ, j'ai cru devoir admettre le signe écrit ci-dessus.

Le symbole de σ est le premier terme d'une série pour laquelle l'expression générale $(b^x d^1 d^{2x})$ devient $(b^x d^1 d^{\frac{x}{2}})$; or, pour un observateur qui placerait devant lui une face p du rhomboèdre primitif, tous les plagièdres exprimés par $(b^x d^1 d^{2x})$ seraient situés sur l'angle solide latéral qui fait saillie en avant de la figure, tandis que ceux dont le signe est $(b^x d^1 d^{\frac{x}{2}})$ modifieraient l'un des angles latéraux qui se trouvent à droite et à gauche de cette figure; la notation de Lévy permet d'indiquer à l'œil ce changement de position, en écrivant le symbole $(b^x d^1 d^{\frac{x}{2}})$ sous la forme $(d^{\frac{x}{2}} d^1 b^x)$, analogue à celle à laquelle peuvent se ramener tous les plagièdres de la zone pse^2.

2°. Plagièdres supérieurs au rhombe, s.

On n'avait jusqu'ici observé aucun plagièdre de cette catégorie ; j'en ai trouvé douze, dont trois ne peuvent être donnés qu'avec doute, à cause de la difficulté de prendre exactement leurs mesures. Les voici, rangés suivant la grandeur de l'angle qu'ils font avec $e^{\frac{1}{2}}$; tous ont des symboles de la forme $(b^x d^1 d^{\frac{x}{2}})$, que j'écrirai $(d^{\frac{x}{2}} d^1 b^x)$.

	Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.	
	$\sigma_1 = (d^{\frac{7}{22}} d^1 b^{\frac{7}{11}})$.	$(b^{\frac{5}{6}} b^1 h^{\frac{5}{6}})$	homoèdre.
	$\sigma_2 = (d^{\frac{1}{3}} d^1 b^{\frac{2}{3}})$	$(b^{\frac{4}{5}} b^1 h^{\frac{4}{5}})$	hémièdre.
??	$\sigma_3 = (d^{\frac{3}{8}} d^1 b^{\frac{3}{4}})$.	$(b^{\frac{5}{7}} b^1 h^{\frac{5}{7}})$	hémièdre.
?	$L = (d^{\frac{1}{2}} d^1 b^1)$.	$(b^{\frac{1}{3}} b^1 h^{\frac{1}{3}})$	homoèdre.
	$\tau = (d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{1}{5}} b^1)$.	$(b^{\frac{1}{3}} b^1 h^{\frac{1}{3}})$	homoèdre.
	$\tau_1 = (d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{5}{7}} b^1)$.	$(b^{\frac{1}{4}} b^1 h^{\frac{1}{4}})$	hémièdre.
	$\tau_2 = (d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{2}{3}} b^1)$.	$(b^{\frac{1}{5}} b^1 h^{\frac{1}{5}})$	hémièdre.
	$\tau_3 = (d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{7}{11}} b^1)$.	$(b^{\frac{1}{6}} b^1 h^{\frac{1}{6}})$	hémièdre.
	$\tau_4 = (d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{8}{14}} b^1)$.	$(b^{\frac{1}{7}} b^1 h^{\frac{1}{7}})$	hémièdre.
	$\tau_5 = (d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{10}{17}} b^1)$.	$(b^{\frac{1}{9}} b^1 h^{\frac{1}{9}})$	homoèdre ?
?	$\tau_6 = (d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{4}{7}} b^1)$.	$(b^{\frac{1}{11}} b^1 h^{\frac{1}{11}})$	hémièdre.
	$\tau_7 = (d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{5}{9}} b^1)$.	$(b^{\frac{1}{14}} b^1 h^{\frac{1}{14}})$	hémièdre.
	ou bien :		
?	$\tau_7 = (d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{6}{11}} b^1)$.	$(b^{\frac{1}{17}} b^1 h^{\frac{1}{17}})$	homoèdre ?

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.	
$\sigma_1 = (d^{\frac{7}{22}} d^1 b^{\frac{7}{11}})$.	$(b^{\frac{5}{6}} b^1 h^{\frac{5}{6}})$	homoèdre.

Ce plagièdre forme une face étroite, mais très-nette, sur le cristal d'Australie *fig.* 29, *Pl. I;* cette face paraît faire zone entre p et un rhomboèdre fortement strié, qui peut être $e^{\frac{11}{7}}$ ou $e^{\frac{13}{8}}$, de sorte que σ_1 peut avoir pour signe $(d^{\frac{7}{22}} d^1 b^{\frac{7}{11}})$ ou $(d^{\frac{4}{13}} d^1 b^{\frac{8}{13}})$; malheureusement, les doutes qui existent sur le choix à faire entre ces deux symboles ne peuvent pas être complétement levés par la mesure seule des angles de cette face; car, malgré son éclat et sa netteté, il est impossible de faire concorder ses incidences sur p et sur $e^{\frac{1}{2}}$; les observations faites avec le plus grand soin, et répétées plusieurs fois m'ont, en effet, donné comme

moyenne $e^{\frac{1}{2}} : \sigma_1 = 154^\circ 22'$, nombre qui ne diffère que de 2 minutes de celui que fournit le calcul du premier symbole $(d^{\frac{7}{22}}\ d^1\ b^{\frac{7}{11}})$, tandis que $p : \sigma_1 = 150^\circ 16'$ se rapproche beaucoup plus du calcul du second symbole que de celui du premier. Il ne m'a pas été possible de trouver à quoi peut tenir la différence de 22 minutes qui existe entre l'observation et le calcul de ce premier signe; toutefois, comme la zone $e^{\frac{1}{2}}$, σ_1, s, e^2 est facile à établir rigoureusement sur le goniomètre, à cause de la netteté des faces qui la composent, et comme la réflexion sur σ_1, dans le sens de cette zone, est un peu plus brillante que dans le sens de la zone $p\sigma_1$, c'est au rhomboèdre $e^{\frac{11}{7}}$ et au signe qui en découle pour σ_1, que j'ai cru devoir m'arrêter. Ainsi que je l'ai déjà dit précédemment, en citant le rhomboèdre $e^{\frac{11}{7}}$, la zone entre le rhomboèdre douteux, la face σ_1 et p ne peut guère être constatée qu'à l'œil; il est donc très-possible que cette zone ne soit pas géométrique et qu'on ait le rhomboèdre $e^{\frac{13}{8}}$ avec le symbole $\sigma_1 = (d^{\frac{7}{22}}\ d^1\ b^{\frac{7}{11}})$.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\sigma_2 = (d^{\frac{1}{8}}\ d^1\ b^{\frac{2}{3}})$.	$(b^{\frac{4}{5}}\ b^1\ h^{\frac{4}{5}})$ hémièdre.

Ce plagièdre, aussi rare que le précédent, ne s'est également trouvé que sur un petit cristal d'Australie; quoiqu'il paraisse bien rapproché de σ_1, il m'a offert sur $e^{\frac{1}{2}}$ et sur p des incidences si précises et si constamment différentes de celles de σ_1, qu'on peut l'admettre à peu près avec certitude. Le cristal qui présente cette nouvelle face porte aussi sous une des faces $e^{\frac{1}{2}}$ un rhomboèdre un peu plus net que celui du cristal *fig.* 29, *Pl. I*; sa mesure ne permet d'hésitation qu'entre les deux rhomboèdres voisins $e^{\frac{13}{8}}$ et $e^{\frac{5}{3}}$; il est d'ailleurs facile de constater, aussi bien à l'œil que sur

le goniomètre, qu'il n'y a pas zone entre ce rhomboèdre, la face σ_2 et p; ce serait le rhomboèdre $e^{\frac{3}{2}}$, inobservé sur le cristal en question, qui se trouverait dans la zone $\sigma_2 p$.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
?? $\sigma_3 = (d^{\frac{3}{8}} d^1 b^{\frac{3}{4}})$.	$(b^{\frac{5}{7}} b^1 h^{\frac{5}{7}})$ hémièdre.

Le cristal d'Ala *fig.* 51, *Pl. II*, qui fait partie de la collection du Muséum, offre une face composée de petits gradins, dont l'ensemble appartient à la zone $e^{\frac{1}{2}} s\ e^2$; il paraît aussi à l'œil que cette face forme une bande à côtés parallèles, entre p et un rhomboèdre fortement strié, qu'une mesure approximative m'a engagé à regarder comme $e^{\frac{4}{3}}$; les deux zones ainsi déterminées permettent donc de calculer le symbole de la face douteuse, sans que l'observation directe de ses incidences puisse infirmer ou confirmer le résultat du calcul; en conséquence, je range cette face parmi les modifications douteuses du quartz.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
? L $=(d^{\frac{1}{2}} d^1 b^1)$.	$(b^{\frac{1}{2}} b^1 h^{\frac{1}{2}})$ homoèdre.

Ce symbole très-simple s'applique à une face observée sur plusieurs cristaux de Traverselle, *fig.* 52, *Pl. II*; cette face est toujours brillante, mais tellement arrondie, qu'en mesurant son inclinaison sur $e^{\frac{1}{2}}$, on peut indifféremment s'arrêter à l'un des trois nombres approximatifs 161° 35′, 164° 45′, ou 168° 40′, suivant que l'on prend le bord inférieur, la partie centrale ou le bord supérieur de la réflexion allongée qu'elle fournit; si l'on ne considère que les deux nombres extrêmes, on peut admettre, sous toutes réserves, une combinaison résultant de deux faces qui passeraient insensiblement l'une à l'autre, et dont la première étant $L = (d^{\frac{1}{2}} d^1 b^1)$, la seconde serait $\tau = (d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{4}{5}} b^1)$.

On remarquera que le signe de L représente un plan

situé dans la zone inobservée $p\ e^1$, et coupant l'axe vertical au même point que les faces culminantes du rhomboèdre primitif; ce plan constitue une sorte de limite entre les plagièdres précédents, qui tous rencontrent l'axe au-dessus du sommet, et les plagièdres suivants, dont ce sommet forme un point d'intersection commun.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\tau = (d^{\frac{1}{2}}\ d^{\frac{1}{5}}\ b^1)$.	$(b^{\frac{1}{3}}\ b^1\ h^{\frac{1}{3}})$ homoèdre.

Il est arrivé, sur un assez grand nombre de cristaux de Traverselle, qu'une face arrondie, analogue à L, n'offrait, dans la mesure de ses angles, que des écarts de 1 à 2 degrés; aussi, en choisissant parmi les vingt-sept cristaux qui portent cette face, ceux où l'incidence de τ sur $e^{\frac{1}{2}}$ oscille autour de 167 degrés et ceux où cette incidence oscille autour de 168 degrés, on trouve que la moyenne des mesures faibles diffère assez peu de la moyenne des mesures fortes, puisque la première est égale à 167° 41′, et la seconde à 168 degrés. Des incidences semblables se présentent sur le beau cristal du Brésil *fig.* 53, *Pl. II*, qui appartient à la collection de l'École des Mines; de plus, sur deux cristaux de Traverselle, dont un est représenté *fig.* 9, *Pl. I*, la face τ paraît en zone entre p et $e^{\frac{1}{5}}$; l'existence de cette face est donc beaucoup plus certaine que celle de L; son signe même me semble parfaitement assuré; car, si mes propres mesures sur les cristaux de Traverselle présentent quelque incertitude, M. Dana, dans la dernière édition de son *Traité de Minéralogie*, cite, sur un cristal de Milk-Row, N. Y., un plagièdre dont l'inclinaison sur $e^{\frac{1}{2}}$ est de 167° 40′, nombre précisément égal à celui que donne le symbole attribué à τ.

La face douteuse L et la face certaine τ ne se sont jamais présentées sur un même cristal des deux côtés à la fois de la face $e^{\frac{1}{2}}$; parmi les vingt-sept cristaux sur lesquels τ a été obser-

vée, huit offraient cette modification à droite et dix-neuf à gauche de $e^{\frac{1}{2}}$; j'ajouterai que dans l'hélice formée par les plagièdres dont elle fait partie, la face τ s'est montrée de même sens que la rotation ; de sorte que, comme cette face est supérieure à s, les cristaux dextrogyres, par exemple, portent τ à la gauche de l'observateur qui aurait devant lui la face $e^{\frac{1}{2}}$ vers laquelle s'incline ce plagièdre, et réciproquement pour les cristaux lévogyres.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\tau_1 = (d^{\frac{1}{2}}\, d^{\frac{5}{7}}\, b^1)$.	$(b^{\frac{1}{4}}\, b^1\, h^{\frac{1}{4}})$ hémièdre.

Cette face, souvent assez nette, a été observée sur quarante six cristaux de Traverselle, tantôt à droite, tantôt à gauche de $e^{\frac{1}{2}}$, mais toujours dans le même sens sur chaque cristal, que ce cristal fût extérieurement simple ou composé : la moyenne générale de soixante-huit mesures ne différant que de 2 minutes de l'angle fourni par le calcul, l'existence de cette face et son symbole ne laissent aucune incertitude; sur sept cristaux portant τ_1 dont j'ai reconnu la rotation, ce phénomène s'est toujours manifesté dans le sens de l'hélice à laquelle appartient τ_1, et par conséquent dans un sens opposé à sa position relativement à $e^{\frac{1}{2}}$; le symbole de τ_1 montre que cette face ferait partie de la zone latérale p, $e^{\frac{5}{7}}$ qui n'a pas encore été observée.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\tau_2 = (d^{\frac{1}{2}}\, d^{\frac{2}{3}}\, b^1)$.	$(b^{\frac{1}{5}}\, b^1\, h^{\frac{1}{5}})$ hémièdre.

Ce plagièdre, trouvé sur six cristaux de Traverselle, est assez net pour qu'on puisse répondre de ses incidences à quelques minutes près, de sorte que son existence paraît assurée; il s'est montré, sur les six cristaux qui le portent, à la droite de $e^{\frac{1}{2}}$; et quoique aucun de ces cristaux n'ait été taillé, comme le cristal *fig.* 54, *Pl. II*, et un autre cristal

non figuré, portent à la fois τ_1 et τ_2 en opposition, il est clair, d'après ce que je viens de dire sur le sens de l'hélice qui renferme τ_1, que τ_2 appartient à une hélice contraire à la rotation du cristal.

De même que pour la face précédente, je n'ai jamais rencontré la zone $p\tau_2\, e^{\frac{2}{3}}$, indiquée par le symbole de τ_2.

Un petit cristal limpide de New-York m'a offert une facette légèrement arrondie, dont l'inclinaison sur $e^{\frac{1}{2}}$ paraît comprise entre celles de τ_1 et de τ_2 ; comme aucun symbole simple ne correspondrait à la moyenne de ces deux incidences, il est probable que la face du cristal de New-York doit se rapporter à τ_2.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\tau_3 = (d^{\frac{1}{2}}\, d^{\frac{7}{11}}\, b^1)$.	$(b^{\frac{1}{6}}\, b^1\, h^{\frac{1}{6}})$ hémièdre.

Ce plagièdre, assez fréquent sur les cristaux de Traverselle, possède quelquefois assez de netteté pour que ses incidences ne présentent pas de trop grandes oscillations ; la moyenne générale de dix-huit mesures, prises sur seize cristaux, a donné pour l'inclinaison sur $e^{\frac{1}{2}}$, $173°\,31'$, nombre qui diffère seulement de 3 minutes de l'angle calculé ; la notation de cette nouvelle face présente donc autant de certitude que celle de τ_1 ; à l'exception d'un seul cristal, qui malheureusement a été perdu, et que je n'ai par conséquent pas pu soumettre à un examen approfondi, tous les échantillons où j'ai trouvé τ_3 ne portaient cette face que d'un seul côté de $e^{\frac{1}{2}}$. Le cristal *fig.* 10, *Pl. I*, qui a été taillé, et un certain nombre de cristaux portant τ_3 en opposition avec τ ou τ_1, prouvent que cette face fait, comme τ_2, partie d'une hélice opposée au sens de la rotation.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\tau_4 = (d^{\frac{1}{2}}\, d^{\frac{8}{13}}\, b^1)$	$(b^{\frac{1}{7}}\, b^1\, h^{\frac{1}{7}})$ hémièdre.

Ce plagièdre s'est montré sur dix-huit cristaux de Tra-

verselle; la moyenne de vingt-deux mesures assez concordantes est égale à 174° 31′; elle offre donc une différence de 10 minutes avec le nombre fourni par le seul symbole simple qui puisse être attribué à τ_4; mais pour cette face, comme pour toutes celles qui ne donnent pas une réflexion parfaitement nette, une pareille différence n'a rien d'étonnant, et son admission est évidemment préférable à celle d'un signe cristallographique trop compliqué : comme les faces τ_3 et τ_4 ont des inclinaisons sur $e^{\frac{1}{2}}$ très-voisines, je ne les aurais pas distiguées l'une de l'autre, si elles ne s'étaient présentées que sur un ou deux cristaux; mais les dix-huit mesures de τ_3 ayant toujours donné des nombres compris entre 173 et 174 degrés, et les vingt-deux mesures de τ_4 des nombres compris entre 174 et 175 degrés, je n'ai pas cru devoir les rapporter à une même modification. La face τ_4 ne s'est jamais trouvée sur un même cristal que d'un seul côté à la fois de $e^{\frac{1}{2}}$; cependant tous les cristaux où on l'a rencontrée, portant en opposition avec elle une face τ ou τ_1, comme le fait voir la *fig.* 9, *Pl. I*, elle appartient, sur ces cristaux, à une hélice de direction contraire à celle de la rotation, tandis que sur un des cristaux qui ont été taillés, elle semble faire partie d'une hélice de même sens que ce phénomène; il est vrai que ce dernier cristal n'est pas simple et que la face τ_4 n'y est pas parfaitement assurée.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\tau_5 = (d^{\frac{1}{2}}\, d^{\frac{1}{17}}\, b^1)$.	$(b^{\frac{1}{9}}\, b^1\, h^{\frac{1}{9}})$ homoèdre?

Cette face s'est présentée sur quatorze cristaux de Traverselle, et elle a fourni des mesures assez constantes; la moyenne de vingt et une observations ne diffère que de 2 minutes du nombre calculé d'après le symbole; sur deux des cristaux où j'ai observé ce plagièdre, il existe, à droite et à gauche de la même face $e^{\frac{1}{2}}$; il est donc certain, comme le

font voir du reste plusieurs cristaux taillés, et, entre autres, le cristal *fig.* 13, *Pl. I*, que la rotation se fait indifféremment dans la direction de l'hélice qui comprend τ_5 ou dans une direction contraire; le plagièdre τ_5 serait en zone avec une face p postérieure et le rhomboèdre inverse $e^{\frac{10}{11}}$.

Signe rhomboédrique. Signe hexagonal.

? $\tau_6 = (d^{\frac{1}{2}}\, d^{\frac{4}{7}}\, b^1)$. $(b^{\frac{1}{11}}\, b^1\, h^{\frac{1}{11}})$ hémièdre.

Les mesures qui conduisent à ce symbole ont été obtenues sur quatorze cristaux de Traverselle; leur moyenne diffère de 13 minutes du nombre calculé : aussi cette modification me semble-t-elle moins certaine que la précédente et que la suivante; cependant, comme vingt-quatre observations m'ont fourni des nombres constamment compris entre 176 et 177 degrés, j'ai cru devoir signaler l'expression qui paraît faire passage entre τ_5 et τ_7.

Signe rhomboédrique. Signe hexagonal.

$\tau_7 = (d^{\frac{1}{2}}\, d^{\frac{5}{9}}\, b^1)$. $(b^{\frac{1}{14}}\, b^1\, h^{\frac{1}{14}})$ hémièdre.

Cette face s'est montrée sur dix cristaux de Traverselle, avec une inclinaison sur $e^{\frac{1}{2}}$, toujours supérieure à 177 degrés; on ne peut donc pas douter qu'elle ne diffère réellement de τ_5, et même sur certains cristaux, comme sur celui qui est représenté *fig.* 7, *Pl. I*, il ne paraît pas possible de la confondre avec τ_6. En examinant ce cristal, *fig.* 7, très-remarquable par son hémitropie, on voit qu'il porte à son sommet supérieur trois faces τ_7, deux à gauche et une à droite de $e^{\frac{1}{2}}$, et qu'à son sommet inférieur il en porte seulement une à gauche de $e^{\frac{1}{2}}$; quant aux faces notées τ_6, il y en a trois à droite et une à gauche de $e^{\frac{1}{2}}$. Le cristal *fig.* 11, *Pl. I*, montre aussi un τ_6 droit et un gauche; par conséquent, les faces τ_6 et τ_7 se trouvent indifféremment à droite

et à gauche de $e^{\frac{1}{2}}$, et quelquefois elles sont de sens contraire sur un même cristal ; l'hélice dans laquelle elles se trouvent ne peut donc pas être en rapport avec la rotation.

La moyenne des mesures de τ_7 surpasse de 14 minutes le nombre calculé d'après le symbole écrit ci-dessus ; mais comme ce nombre se rapproche des quatre ou cinq observations les moins incertaines, je l'ai préféré à celui qui résulterait du symbole $(d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{6}{11}} b^1)$; ce signe, qui s'éloigne encore un peu plus de la moyenne que le premier, aurait le seul avantage de trouver son inverse dans la zone $p s e^2$: or, en discutant la probabilité du rhomboèdre $e^{\frac{10}{17}}$, j'ai dit que certains cristaux où l'on peut admettre ce rhomboèdre offriraient des plagièdres de la zone $p s e^2$, correspondant aux plagièdres τ_6 et τ_7 de la zone $e^{\frac{1}{2}} s e^2$, si l'on remplaçait le rhomboèdre inverse $e^{\frac{10}{17}}$ par le direct e^{26}. Les cristaux *fig.* 4, 5, 6, 7 et 8, *Pl. I*, sont dans ce cas ; mais, outre les raisons que j'ai exposées précédemment, ce qui m'a confirmé dans la pensée que les faces de ces cristaux doivent être prises telles que je les ai indiquées sur mes figures, c'est que j'ai toujours trouvé les incidences de τ_7 un peu plus faibles que celles du plagièdre qui lui correspondrait dans la zone $p s e^2$.

En résumant les observations que je viens de présenter sur chacun des plagièdres supérieurs de la zone $e^{\frac{1}{2}} s e^2$, on voit que des huit faces de cette espèce, dont la position relative à $e^{\frac{1}{2}}$ a été déterminée sur des cristaux de rotation connue, τ et τ_1 sont les seules qui paraissent faire partie d'hélices de même sens que ce phénomène. Comme je l'ai déjà indiqué à la page 166, on ne peut donc pas généraliser la règle qui suppose la rotation connue, quand on connaît la direction de l'hélice comprenant tous les plagièdres de la zone $e^{\frac{1}{2}} s e^2$, et il est plus exact de dire qu'un cristal sera

dextrogyre ou lévogyre, suivant que la face rhombe se trouvera à la droite ou à la gauche de l'observateur qui regarderait devant lui la face primitive p, portant ce rhombe sur l'un de ses angles latéraux.

Si la face rhombe n'existait pas, on pourrait en général, sans crainte de se tromper, remplacer les indications qu'elle fournit par celles de l'un des plagièdres inférieurs u, y, x, ν_1 ν_2 ν_3 ν_4 ; seulement rien ne prouve que des cristaux de quelque nouvelle localité encore inconnue ne viendront pas un jour atténuer la valeur de ces indications, en montrant, dans la disposition des plagièdres inférieurs, la même incertitude que j'ai fait remarquer pour les plagièdres supérieurs.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\beta = (d^{\frac{7}{20}} d^{\frac{1}{2}} b^1)$.	$(b^1 b^{\frac{2}{7}} h^{\frac{2}{9}})$ hémièdre.

Cette face, que je n'ai pas inscrite au tableau des plagièdres de la zone $e^{\frac{1}{2}} s e^2$, appartient pourtant encore à cette même zone ; seulement, au lieu de se trouver sur une des arêtes inférieures $\frac{e^2}{s}$ ou $\frac{e^{\frac{1}{2}}}{s}$ de la zone, elle modifie l'arête supérieure formée par la rencontre d'une face $e^{\frac{1}{2}}$ et de son adjacente p; cette ligne fait donc partie des arêtes culminantes de la pyramide hexagonale. Pour indiquer la différence qui existe entre cette position et celle des plagièdres dont le symbole général est $(d^{\frac{1}{2}} d^x b^1)$, j'ai écrit la notation de β sous la forme $(d^{\frac{7}{20}} d^{\frac{1}{2}} b^1)$; cette expression montre que les longueurs $\frac{7}{20}$, $\frac{1}{2}$, 1 doivent être prises sur les mêmes arêtes rhomboédriques et dans le même sens que les quantités correspondantes, qui fixent sur le rhomboèdre primitif la position des plagièdres τ, τ_1, τ_2, etc., et celle de la face $e^{\frac{1}{2}}$.

J'ai trouvé la face β sur deux cristaux de Traversella, représentés *fig.* 4, *Pl. I*, et *fig.* 54, *Pl. II*; je l'ai égale-

ment rencontrée sur plusieurs cristaux bipyramidés, tapissant, avec de la célestine cristallisée, des fissures dans des boules de calcaire marneux compacte, venant de Meillans, département de l'Isère; sur un long cristal incolore à deux sommets, et sur un gros cristal chlorité du Dauphiné; sur un petit cristal de Neffiez dans le Languedoc, qui m'a été communiqué par M. Fournet et qui est représenté *fig.* 70 *bis*; enfin le beau cristal limpide à double sommet *fig.* 66, *Pl. II* qui ressemble beaucoup à certains échantillons de Québec ou du comté de New-York, me l'a aussi offerte avec une grande netteté. J'ai dit précédemment, en discutant le rhomboèdre $e^{\frac{10}{17}}$, que M. Haidinger avait figuré une face semblable à β dans le catalogue inédit de l'ancienne collection Allan. La troncature produite par β est généralement assez unie et brillante, et la seule chose qui rende difficile la mesure exacte de ses incidences, ce sont les ondulations qui presque toujours couvrent les faces p et même les faces $e^{\frac{1}{2}}$ des cristaux où on la rencontre; cependant, en isolant les parties les plus nettes de ces faces, et cachant le reste à l'aide d'un enduit suffisamment terne, on arrive à des nombres bien concordants sur tous les échantillons : c'est toujours sur la face $e^{\frac{1}{2}}$ que j'ai trouvé la plus grande inclinaison de cette troncature. Les deux cristaux de Traverselle *fig.* 4, *Pl. I*, et *fig.* 54, *Pl. II*, et le gros cristal chlorité du Dauphiné, non figuré, ne la portent que sur une seule arête; le cristal *fig.* 66, *Pl. II*, l'offre sur une arête du sommet supérieur et sur deux arêtes alternes du sommet inférieur; enfin sur le cristal allongé du Dauphiné, qui n'a pas non plus été figuré, la modification remplace trois arêtes de l'un des sommets, dont deux contiguës; ces deux dernières facettes ont leur plus grande inclinaison sur une même face $e^{\frac{1}{2}}$; la troisième, au contraire, fait un angle de 171 degrés avec la face opposée à celle-ci, face qui

devrait être regardée comme appartenant au rhomboèdre p, si le cristal était simple; mais l'existence de deux faces rhombes sur deux angles adjacents du prisme hexagonal et de nombreux indices d'enchevêtrements, prouvent que ce cristal est composé, et que, par suite, on peut considérer la face en question comme une face $x^{\frac{1}{2}}$ retournée ; il est donc probable que β ne possède pas son inverse, mais qu'elle peut exister tantôt sur les six arêtes du sommet, tantôt sur trois seulement de ces arêtes, et qu'elle présente ainsi une ressemblance de plus avec quelques-uns des plagièdres supérieurs que je viens de décrire : le cristal de Neffiez, *fig.* 70 *bis*, *Pl. III*, nous montre β en zone avec une nouvelle face Λ, et le prisme e^2.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$H = (d^{\frac{1}{16}} d^{\frac{1}{2}} b^1)$.	$(b^1 b^{\frac{3}{14}} h^{\frac{3}{17}})$ hémiédre.

Un très-gros cristal du Piémont, sur lequel cette modification a été observée, a des dimensions telles, qu'il est impossible de mesurer aucune de ses incidences autrement qu'à l'aide du goniomètre d'application, et mieux à l'aide d'empreintes en cire d'Espagne; heureusement les faces de la combinaison dont H fait partie sont très-nettes et miroitantes, et ces empreintes fournissent des mesures très-exactes. L'angle solide qui porte cette combinaison est représenté *fig.* 70, *Pl. III;* il est tellement engagé dans le reste du cristal, qu'il est difficile de voir à quelles zones appartiennent les plans dont on mesure les inclinaisons mutuelles : aussi ai-je hésité longtemps sur le symbole qu'il convenait d'assigner à la face H. En effet, si l'on fait entrer comme éléments, dans le calcul de ce symbole, les angles plans, grossièrement appréciables au rapporteur, que forment entre elles les arêtes d'intersection des faces p, x et H, on est conduit à une face $(d^{\frac{6}{13}} d^{\frac{1}{17}} b^1)$, qui n'est comprise

dans aucune des zones connues du quartz, mais dont toutes les incidences s'accordent bien avec l'observation directe. Si, au contraire, en considérant que le signe hexagonal de cette face est rendu tout à fait improbable par sa complication inusitée, on admet une erreur de 2 à 3 degrés dans la détermination des angles plans, l'emploi des seuls angles dièdres conduit à une troncature située sur l'arête de la pyramide, en opposition avec β, puisque sa plus grande inclinaison a lieu sur p. Cette troncature pourrait être considérée comme exactement inverse de β, si ses angles avec p et avec x se mesuraient moins nettement : aussi, quoique les incidences de H diffèrent seulement d'environ 1 degré des incidences correspondantes de l'inverse de β, dont la notation rhomboédrique serait $(d^{\frac{2}{25}} d^{\frac{1}{2}} b^1)$, je crois qu'on ne doit pas chercher à établir de relations entre les faces β et H, jusqu'à ce que de nouvelles observations faites sur de petits cristaux, à plans bien miroitants, viennent nous apprendre si elles doivent ou non jouer, l'une par rapport à l'autre, le même rôle que les deux faces suivantes.

	Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
γ	$= (d^{\frac{1}{8}} d^{\frac{1}{2}} b^1)$.	$(b^1 b^{\frac{1}{2}} h^{\frac{1}{3}})$ homoèdre.
γ_1	$= (d^{\frac{2}{7}} d^{\frac{1}{2}} b^1)$.	$(b^1 b^{\frac{1}{2}} h^{\frac{1}{3}})$ homoèdre.

On remarque sur le cristal enfumé du Brésil *fig.* 57, *Pl. II*, et sur le cristal incolore de la même localité *fig.* 58, *Pl. II*, deux petites faces symétriquement placées sur deux des arêtes contiguës de la pyramide ; ces faces sont donc situées, comme β et comme H, sur l'arête $\frac{p}{e^{\frac{1}{2}}}$ de la zone $p, e^{\frac{1}{2}}, s, e^2$, et lorsqu'on les rapporte au rhomboèdre, elles doivent avoir chacune leur signe propre, qui indique, l'un une face plus inclinée sur $e^{\frac{1}{2}}$ que sur p, l'autre, au contraire, une face plus inclinée sur p que sur $e^{\frac{1}{2}}$. Con-

trairement à la plupart des modifications du quartz, ces deux troncatures ne paraissent présenter ici aucune hémiédrie, et elles formeraient des modifications homoèdres, dans le système hexagonal; en effet, tandis que dans ce système cristallographique, la réunion des plagièdres ordinaires du quartz et de leurs inverses constituerait seulement un scalénoèdre, moitié du solide qui serait produit, si le même cristal portait à la fois les plagièdres droits et gauches, les faces γ et γ_1 produiraient un didodécaèdre complet: car on peut supposer que ces faces existent sur les six arêtes de la pyramide, puisque nous les trouvons sur deux arêtes contiguës, dans des cristaux dont l'apparence extérieure est géométriquement simple. Malheureusement, sur les deux cristaux *fig.* 57 et 58, les faces produites par ces troncatures sont étroites et arrondies, de sorte que si leur existence est certaine, leur mesure présente beaucoup de difficultés; leur notation a été calculée en partant des incidences le plus rapprochées possible de la moyenne des observations, tout en conservant une grande simplicité aux signes rhomboédrique et hexagonal; ces signes sont écrits dans le même sens que celui de β, afin de faire également ressortir la position des faces γ et γ_1 sur le rhomboèdre primitif.

Le gros cristal chlorité du Dauphiné, sur lequel j'ai déjà cité la modification β, offre en outre, sur l'arête qui porte cette modification, une large troncature arrondie, dont la position et les incidences ne peuvent se rapporter qu'à γ; mais ici, contrairement à ce qui a lieu sur les cristaux du Brésil cités plus haut, cette face paraît être hémièdre.

V. — Plagièdres de la zone $p s e^2$.

Si l'on suppose l'axe principal du rhomboèdre primitif placé verticalement, tous les plagièdres de cette zone, infé-

rieurs ou supérieurs à s, couperont les faces primitives p, suivant une ligne partant de l'angle plan inférieur de ces faces, et aboutissant au milieu de l'un des deux côtés qui forment l'angle plan supérieur; par conséquent, d'après la notation de Lévy, l'expresssion $(d^1 d^x b^{\frac{1}{2}})$, dans laquelle x est plus petit que l'unité, sera le symbole général de tous ces plagièdres, ce qui permettra de les distinguer immédiatement des plagièdres de la zone $e^{\frac{1}{2}} s\, e^2$.

1°. Plagièdres inférieurs à s.

Les plagièdres de cette première catégorie sont toujours plus ou moins profondément striés parallèlement à l'axe de leur zone, de sorte que leur mesure ne peut pas toujours se prendre avec une grande exactitude; ce caractère est si constant, qu'il empêche toute confusion entre les faces de la zone $p\, s\, e^2$, et celles de la zone $e^{\frac{1}{2}} s\, e^2$, et que dans certains enchevêtrements douteux, on peut l'employer pour fixer la position relative des faces p et $e^{\frac{1}{2}}$.

Les plagièdres inférieurs connus jusqu'ici étaient les suivants :

Signe rhomboédrique.		Signe hexagonal.	
$\theta = (d^1 d^{\frac{7}{22}} b^{\frac{1}{2}})$	inverse de σ.	$(b^1 b^{\frac{5}{7}} h^1)$	homoèdre.
$\pi = (d^1 d^{\frac{5}{14}} b^{\frac{1}{2}})$		$(b^1 b^{\frac{3}{5}} h^1)$	hémièdre.
$\varepsilon = (d^1 d^{\frac{2}{5}} b^{\frac{1}{2}})$		$(b^1 b^{\frac{1}{2}} h^1)$	hémièdre.
$w = (d^1 d^{\frac{7}{16}} b^{\frac{1}{2}})$		$(b^1 b^{\frac{3}{7}} h^1)$	hémièdre.
$q = (d^1 d^{\frac{8}{17}} b^{\frac{1}{2}})$		$(b^1 b^{\frac{3}{8}} h^1)$	hémièdre.
$\mu = (d^1 d^{\frac{1}{2}} b^{\frac{1}{2}})$	inverse de u.	$(b^1 b^{\frac{1}{3}} h^1)$	homoèdre.
$n = (d^1 d^{\frac{4}{5}} b^{\frac{1}{2}})$		$(b^1 b^{\frac{1}{12}} h^1)$	hémièdre.

J'en ai en outre observé huit nouveaux qui sont :

$$\mathrm{N} = (d^1 d^{\frac{4}{15}} b^{\frac{1}{2}}) \qquad (b^1 b^{\frac{1}{12}} h^1) \text{ hémièdre.}$$

$$\mathrm{N}_1 = (d^1 d^{\frac{3}{10}} b^{\frac{1}{2}}) \qquad (b^1 b^{\frac{7}{9}} h^1) \text{ hémièdre.}$$

$$?? \ \mu_1 = (d^1 d^{\frac{7}{13}} b^{\frac{1}{2}}) \qquad (b^1 b^{\frac{2}{7}} h^1) \text{ hémièdre.}$$

$$\mu_2 = (d^1 d^{\frac{7}{12}} b^{\frac{1}{2}}). \qquad (b^1 b^{\frac{5}{21}} h^1) \text{ hémièdre.}$$

$$\rho = (d^1 d^{\frac{5}{8}} b^{\frac{1}{2}}) \text{ inverse de } x. \qquad (b^1 b^{\frac{1}{5}} h^1) \text{ homoèdre.}$$

$$\lambda = (d^1 d^{\frac{11}{16}} b^{\frac{1}{2}}) \qquad (b^1 b^{\frac{5}{33}} h^1) \text{ hémièdre.}$$

$$? \ \lambda_1 = (d^1 d^{\frac{29}{44}} b^{\frac{1}{2}}) \qquad (b^1 b^{\frac{5}{29}} h^1) \text{ hémièdre.}$$

$$n_1 = (d^1 d^{\frac{7}{8}} b^{\frac{1}{2}}) \qquad (b^1 b^{\frac{1}{21}} h^1) \text{ hémièdre.}$$

$$? \ n_2 = (d^1 d^{\frac{9}{10}} b^{\frac{1}{2}}) \qquad (b^1 b^{\frac{1}{27}} h^1) \text{ hémièdre.}$$

Je n'ai que peu de chose à dire des plagiédres déjà connus.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\theta = (d^1 d^{\frac{7}{22}} b^{\frac{1}{2}})$.	$(b^1 b^{\frac{5}{7}} h^1)$ homoèdre.

Cette face, citée par Miller, se rencontre assez rarement; quoiqu'elle soit exprimée par un signe un peu compliqué, et qu'elle porte, comme les faces analogues de sa zone, des stries parallèles à son intersection avec le rhombe, les incidences que j'ai pu en prendre sur de petits cristaux du Brésil et du Valais ne me paraissent pas pouvoir conduire à un symbole différent; on a vu d'ailleurs, parmi les plagiédres de la zone $e^{\frac{1}{2}} s\, e^2$, que la face σ, inverse de θ, offrait la notation très-simple $(b^{\frac{1}{4}} d^1 d^{\frac{1}{8}})$.

Le cristal *fig.* 44, *Pl. II*, présente une bordure étroite, $\varkappa = (b^{\frac{7}{10}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$, qui paraît en zone entre θ et le rhomboèdre $e^{\frac{7}{2}}$.

Signe rhomboédrique	Signe hexagonal.
$\pi = (d^1\, d^{\frac{5}{14}}\, b^{\frac{1}{2}})$.	$(b^1\, b^{\frac{3}{5}}\, h^1)$ hémièdre.

Ce plagièdre est beaucoup plus abondant que le précédent; on le trouve sur des cristaux du Dauphiné, du Valais et de Carrare, et c'est surtout dans cette dernière localité qu'il se présente avec une grande régularité : ainsi la *fig.* 41, *Pl. II*, reproduit un cristal de Carrare, dont trois angles alternes portent le rhombe s, brillant et uni, et dont les trois autres angles sont tronqués par la face π, légèrement arrondie. J'ai déjà cité, au rhomboèdre $c^{\frac{8}{7}}$, la zone $e^{\frac{8}{7}}\ \pi\ e^{\frac{7}{2}}$, qui paraît exister sur le cristal *fig.* 24, *Pl. I.*

Le cristal *fig.* 20, *Pl. I*, nous montre aussi la face π, qui semble faire zone entre les deux rhomboèdres $e^{\frac{7}{2}}$ et $e^{\frac{11}{9}}$; mais les symboles de ces trois faces ne pouvant pas faire partie d'une même zone, et les deux rhomboèdres se déterminant exactement par leurs incidences, on est conduit à admettre que cette zone apparente n'est qu'une zone approximative et non une zone rigoureuse; en effet, si l'on part de $e^{\frac{7}{2}}$, qui ne peut être douteux, aucun rhomboèdre inverse, de signe à peu près simple, ne se trouve dans la zone $e^{\frac{7}{2}}\ \pi$; et si l'on regarde les deux rhomboèdres $e^{\frac{7}{2}}$ et $e^{\frac{11}{9}}$ comme parfaitement assurés, on ne trouve plus de plagièdre admissible dans la zone latérale de ces deux faces : les stries qui couvrent π et $e^{\frac{11}{9}}$ rendent d'ailleurs impossible la vérification de la zone sur le goniomètre.

Le même cristal *fig.* 20 nous offre deux autres zones approximatives du même genre : la première entre $e^{\frac{7}{2}}$, θ et $e^{\frac{20}{19}}$; la seconde entre $e^{\frac{7}{2}}$, w et $e^{\frac{13}{10}}$. Cette particularité de trois faces qui se rencontrent en formant une zone excessivement approchée, sans qu'un léger changement dans leurs

incidences et dans leurs symboles puisse rendre la zone exacte, paraît assez rare sur les cristaux de quartz; cependant, comme je l'ai rencontrée plusieurs fois, j'ai dû en conclure qu'une zone n'était parfaitement établie sur un cristal que lorsque j'avais pu vérifier, à l'aide du goniomètre, si les trois faces qui la composent étaient rigoureusement parallèles à une même droite; on voit, en effet, que dans certains cas, la rencontre d'une face bien déterminée par deux autres faces dont les incidences ne laissent pas d'incertitude sur leur notation, peut se faire suivant deux lignes si peu inclinées l'une vers l'autre, que l'œil est incapable à lui seul de saisir le petit défaut de parallélisme qu'elles présentent.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\varepsilon = (d^1\, d^{\frac{2}{5}}\, b^{\frac{1}{2}})$.	$(b^1\, b^{\frac{1}{2}}\, h^1)$ hémièdre.

Cette face est assez commune sur les cristaux d'Ala, du Valais, etc. Le cristal déjà cité *fig.* 23, *Pl. I*, appartenant à la collection du Muséum, fournit des mesures qui permettent de déterminer avec certitude les quatre rhomboèdres $e^{\frac{20}{19}}$, $e^{\frac{8}{7}}$, $e^{\frac{6}{5}}$ et $e^{\frac{4}{3}}$; entre ces rhomboèdres et le plagièdre u se trouve une petite bordure brillante où l'on peut distinguer, à l'aide d'une mesure assez approximative, les faces π, ε, q; de ces trois faces, les deux dernières seules sont situées rigoureusement dans les zones u, $e^{\frac{8}{7}}$ et $u\, e^{\frac{4}{3}}$; quant à la première, elle serait comprise dans la zone $u\, e^1$; mais le rhomboèdre $e^{\frac{20}{19}}$ est trop net pour pouvoir être confondu avec son voisin e^1, et l'on est amené, comme précédemment, à admettre encore sur ce cristal une zone très-approchée, mais non géométriquement rigoureuse, entre u, π et $e^{\frac{20}{19}}$.

Le cristal légèrement enfumé *fig.* 23 *bis*, *Pl. I*, offre aussi

la zone u ε $e^{\frac{8}{7}}$; seulement sur ce cristal la détermination directe de $e^{\frac{8}{7}}$ est presque impossible, vu le peu de netteté de ce rhomboèdre.

Le cristal composé *fig.* 22, *Pl. I*, offre la zone $e^{\frac{7}{2}}$ ε et $x^{\frac{7}{2}}$; j'ai déjà dit, en parlant du rhomboèdre $e^{\frac{5}{4}}$, que sur de gros cristaux du Valais, la zone existait très-probablement entre les faces $e^{\frac{7}{2}}$, ε, et $e^{\frac{5}{4}}$.

Le cristal *fig.* 20, déjà cité plus haut, présente encore la zone approximative $e^{\frac{7}{2}}$, ε et $e^{\frac{13}{10}}$.

Sur le cristal *fig.* 25, *Pl. I*, la troncature que j'ai indiquée par la seule lettre w, parce c'est ce plagièdre qui y domine, porte aussi sur de petites longueurs, au-dessus et au-dessous de w, des portions appartenant à ε et à q.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$w = (d^1\, d^{\frac{7}{16}}\, b^{\frac{1}{2}})$	$(b^1\, b^{\frac{3}{7}}\, h^1)$ hémièdre.

Cette face est assez commune dans plusieurs localités; je l'ai trouvée sur des cristaux de Suisse, du Valais, du Brésil, d'Australie; outre la zone $e^{\frac{7}{2}}$ w $e^{\frac{4}{3}}$, citée par M. Rose sur un cristal composé (voir *fig.* 30 de son Mémoire, et ma *fig.* 22, *Pl. I*), j'ai trouvé, sur un gros cristal blanc de la collection du Muséum, la zone très-probable $x^{\frac{7}{2}}$ w u ; les stries qu'on remarque sur quelques parties du cristal *fig.* 25, *Pl. I*, porteraient à croire que dans ce cristal le rhomboèdre inverse $e^{\frac{5}{4}}$ tient la place du rhomboèdre direct $x^{\frac{7}{2}}$; d'après ce que j'ai dit en discutant l'existence du rhomboèdre $e^{\frac{5}{4}}$, il en est sans doute de même sur quelques gros cristaux du Valais.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$q = (d^1 d^{\frac{8}{17}} b^{\frac{1}{2}})$	$(b^1 b^{\frac{3}{8}} h^1)$ hémièdre.

La zone $u\ q\ e^{\frac{4}{3}}$, *fig.* 28 du Mémoire de G. Rose, est assez commune sur les cristaux du Valais (*fig.* 21 et 23, *Pl. I*); le cristal *fig.* 20 offre encore la zone très-approchée $e^3\ q\ e^{\frac{13}{10}}$; sur le cristal *fig.* 35, *Pl. II*, la face q paraît se présenter dans deux directions opposées aux deux extrémités d'une même arête verticale. Cette particularité, analogue à celle que M. Rose a citée sur quelques cristaux du Dauphiné, où l'on trouve un plagièdre x droit, et le même plagièdre gauche, sur deux angles solides contigus ou alternes, tient sans doute ici à ce que le cristal en question offre une hémitropie particulière; en effet, tandis qu'en général deux individus de même rotation se réunissent pour composer les assemblages hémitropes, qui font voir les faces de même nom des deux sommets opposés situées de chaque côté d'une même face verticale, comme sur les *fig.* 7, *Pl. I*, *fig.* 47 et 62, *Pl. II*, le groupe cristallin représenté par la *fig.* 35 offre au sommet supérieur un cristal gauche, et au sommet inférieur un cristal droit; ces deux cristaux eux-mêmes ne sont pas simples, mais les limites de leur enchevêtrement sont assez difficiles à saisir, et ce n'est que sur un petit nombre de faces que ces limites sont indiquées par de légers moirages ou des stries plus ou moins serrées.

Je viens de dire que le sommet supérieur appartenait à un cristal gauche : cela est vrai, en effet, pour la partie visible de la figure, dont un angle solide porte un rhombe placé à la gauche de l'observateur; mais, dans la partie invisible, l'angle solide opposé à celui-ci offre, au contraire, un plagièdre x droit, qui semble annoncer la présence d'un individu dextrogyre : j'ai indiqué sur le dessin, à gauche de la face rhombe, une petite bordure située dans la zone

$p\,s\,e^2$, que ses incidences rapprochent tout à fait de la face q; à droite du même rhombe existe une autre bordure très-étroite que je décrirai plus loin, et qui se trouve dans la zone du rhombe s, et d'un rhomboèdre légèrement strié ayant pour symbole $e^{\frac{17}{7}}$.

Un seul angle solide du sommet inférieur est modifié; cet angle, situé sur la même arête que le rhombe supérieur dont il vient d'être question, porte lui-même un rhombe s, qui serait à la droite de l'observateur, si l'on retournait complétement le cristal, et qui dans cette position aurait à sa droite une face q dans la zone $p\,s\,e^2$, et à sa gauche une face x dans la zone $\alpha\,s\,e^2$: ce sommet appartient donc sans doute en entier à un cristal dextrogyre.

Il est d'ailleurs impossible de distinguer les faces p des faces $e^{\frac{1}{2}}$, car chaque face des deux sommets porte les mêmes ondulations et les mêmes saillies coniques, et l'on doit croire qu'elles sont toutes de la même espèce, et qu'elles appartiennent exclusivement au rhomboèdre direct p et au même solide α : c'est seulement au milieu des faces verticales et surtout au milieu des rhomboèdres subordonnés aux plans culminants, qu'on remarque, comme je l'ai dit tout à l'heure, de petites plages irrégulières, se distinguant du reste de la face par des stries plus fines et plus serrées, et produisant ainsi une sorte de moirage : celles de ces plages qui sont enchâssées dans le rhomboèdre $e^{\frac{17}{7}}$, paraissent avoir sur l'axe une inclinaison identique à celle de ce solide, dont la mesure se prend avec assez d'exactitude; elles doivent donc très-probablement être rapportées à l'inverse $e^{\frac{5}{3}}$.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\mu = (d^1\,d^{\frac{1}{2}}\,b^{\frac{1}{2}})$ inverse de u.	$(b^1\,b^{\frac{1}{3}}\,h^1)$ homoèdre.

Cette face est assez fréquente sur les cristaux enfumés du Valais et sur des cristaux du Brésil, de Québec et d'Austra-

lie ; c'est surtout dans la zone $x\,\mu\,e^{\frac{4}{3}}$, (*fig.* 26, *Pl. I*), qu'on la rencontre sur les échantillons du Valais.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$n = (d^1\, d^{\frac{4}{5}}\, b^{\frac{1}{2}})$.	$(b^1\, b^{\frac{1}{12}}\, h^1)$ hémièdre.

Cette face est au moins aussi rare que θ ; je ne l'ai vue que sur quelques cristaux du Brésil (*fig.* 19, *Pl. I*), sur un cristal de Québec et sur un cristal d'Australie ; ce qu'elle offre de plus remarquable, c'est la zone $e^{\frac{4}{3}}$ supérieur, n supérieur, x inférieur, qui existe sur un cristal à deux sommets de Dissentis (Grisons), représenté par la *fig.* 23 de Rose.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$N = (d^1\, d^{\frac{4}{14}}\, b^{\frac{1}{2}})$.	$(b^1\, b^{\frac{11}{12}}\, h^1)$ hémièdre.

Ce nouveau plagièdre, dont l'inclinaison sur p se rapproche beaucoup de celle de s, forme sur quelques cristaux de Pfitsch, en Tyrol, rapportés dernièrement par M. Hugard, de petites faces, assez nettes pour qu'on puisse répondre de leurs incidences et de leur symbole (*fig.* 45, *Pl. II*).

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$N_1 = (d^1\, d^{\frac{3}{16}}\, b^{\frac{1}{2}})$.	$(b^1\, b^{\frac{7}{9}}\, h^1)$ hémièdre.

Un cristal du Valais, de la collection du Muséum, m'a offert au-dessous de s une facette analogue à la précédente, mais faisant avec p un angle un peu moins obtus que celle-ci ; le symbole choisi pour représenter la position de N_1 est assez simple, et les incidences qu'on en déduit se rapprochent suffisamment de l'observation directe.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
?? $\mu_1 = (d^1\, d^{\frac{7}{13}}\, b^{\frac{1}{2}})$.	$(b^1\, b^{\frac{2}{7}}\, h^1)$ hémièdre.

Deux cristaux d'Australie, dont la *fig.* 29, *Pl. I*, peut donner une idée, portent au-dessous de q, une face forte-

ment striée, dont l'inclinaison sur p est trop faible pour se rapporter à μ; de plus, un cristal du Valais, de la collection du Muséum, représenté *fig.* 55, *Pl. II*, offre une face cannelée qui paraît en zone entre e^2 et $e^{\frac{4}{3}}$; seulement il n'est pas possible de s'assurer si la zone est exacte, à cause des stries qui couvrent les faces qui la composent; il faut donc se contenter d'admettre avec doute qu'il peut exister une face μ_1 faisant avec p un angle plus petit que μ, et dont le symbole est celui qui a été adopté ici.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\mu_2 = (d^1 d^{\frac{7}{12}} b^{\frac{1}{2}})$.	$(b^1 b^{\frac{5}{21}} h^1)$ hémièdre.

Deux cristaux enfumés, l'un de Viesch en Valais, et l'autre de la vallée de Chamounix, m'ont offert une petite face fort nette dont les incidences sont bien représentées par le symbole que je viens d'écrire; cette face, facile à distinguer de ρ, est beaucoup mieux assurée que la précédente μ_1, qui pourrait bien se confondre avec elle. Sur un petit cristal incolore du Valais, j'ai observé le nouveau plagièdre μ_2 dans la zone latérale $e^{\frac{3}{2}}\ x$.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\rho = (d^1 d^{\frac{5}{8}} b^{\frac{1}{2}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{5}} h^1)$ homoèdre.

Ce plagièdre, inverse de x, a été figuré à tort par Lévy, dans son atlas de la description de la collection Turner; en effet, à l'époque où cet ouvrage a été publié, on ne savait pas distinguer des cristaux simples, les cristaux enchevêtrés, qui depuis ont été si bien décrits par M. Rose, et il est clair que les figures de Lévy, qui portent l'inverse de x, se rapportent à des individus composés. Toutefois, j'ai été ramené à admettre la face ρ, par la zone $e^{\frac{13}{8}}$, $\rho\ u$ indiquée sur le cristal du Valais (*fig*, 28, *Pl. I*), et par des mesures directes prises sur des cristaux du Valais, d'Ala et d'Australie (*fig.* 29 et 30, *Pl. I*, et *fig.* 42 et 44,

Pl. II) : seulement, sur les échantillons où je l'ai observée, cette face est encore plus fortement striée que les autres plagièdres de la même zone, et je n'ai pu obtenir pour son inclinaison sur p que des nombres oscillant entre 124 et 126 degrés ; l'existence même de ρ ne me paraît donc pas douteuse, et les profondes cannelures qui la sillonnent parallèlement à l'axe de sa zone ne permettent jamais de la confondre avec x ; la détermination directe de ses incidences laisse seule quelque chose à désirer : sur les cristaux d'Australie (*fig.* 29, *Pl. I*), cette modification ne paraît pas hémièdre, car elle se trouve à la fois sur une même face verticale, à droite et à gauche de l'observateur.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\lambda = (d^1 d^{\frac{11}{16}} b^{\frac{1}{2}})$.	$(b^1 b^{\frac{5}{33}} h^1)$ hémièdre.

Je n'ai trouvé ce nouveau plagièdre que sur un cristal incolore du Valais (*fig.* 30, *Pl. I*), sur un cristal enfumé gigantesque de Sibérie, *fig.* 31, tous deux appartenant à la collection du Muséum; sur deux cristaux incolores du Brésil, dont un est représenté *fig.* 2, et sur un cristal de Québec.

Le cristal *fig.* 30 est le seul qui m'ait permis de prendre des mesures un peu précises, et de constater l'exactitude de la zone $x\ \lambda\ e^{\frac{5}{3}}$, malgré les stries assez profondes qui rendent un peu incertaine la détermination du rhomboèdre $e^{\frac{5}{3}}$. Comme le signe hexagonal de λ est un peu compliqué, on peut chercher à simplifier son signe rhomboïdal ; mais, à moins de s'écarter beaucoup des erreurs possibles dans la mesure des diverses incidences de cette face, on ne peut pas trouver de rhomboèdre d'un signe simple qui satisfasse à la zone $x\ \lambda$.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
? $\lambda_1 = (d^1 d^{\frac{29}{44}} b^{\frac{1}{2}})$.	$(b^1 b^{\frac{5}{28}} h^1)$ hémièdre.

Le symbole rhomboédrique de cette face, qui paraît un

peu barbare au premier aspect, n'a pourtant pas un correspondant hexagonal plus compliqué que celui de λ. La face λ_1 se présente sur deux petits cristaux de l'Oisans (*fig.* 39, *Pl. II*), où elle forme une bordure très-étroite entre x et un rhomboèdre strié, dont les incidences un peu incertaines peuvent convenir à $e^{\frac{13}{8}}$ cu à son voisin $e^{\frac{5}{3}}$; malheureusement cette bordure est si étroite, que ce n'est qu'au moyen d'une loupe fixée en avant du goniomètre qu'on peut mesurer ses angles, dont on ne peut pas par conséquent répondre à 1 degré près; cependant l'inclinaison sur p ayant toujours oscillé entre 123°30′ et 124°25′, je n'ai pas cru pouvoir la rapporter à l'incidence correspondante de λ, et j'ai admis la zone x, λ_1, $e^{\frac{13}{8}}$, qui exige le signe compliqué $(d^1 d^{\frac{29}{44}} b^{\frac{1}{2}})$: toutefois, comme il est à peu près impossible de s'assurer d'une manière rigoureuse si λ_1 fait bien partie des plagièdres de la zone $p\, s\, e^2$, on peut aussi supposer que cette face fait partie de la zone $x\, e^{\frac{5}{3}}$, mais qu'elle n'est pas exactement dans la zone $p\, s\, e^2$. Le signe le plus simple auquel on puisse alors arriver, en se rapprochant autant que possible des incidences observées, est $(d^1 d^{\frac{11}{19}} b^{\frac{5}{11}})$ dont le correspondant hexagonal est le symbole inadmissible $(b^1 b^{\frac{5}{22}} h^{\frac{40}{29}})$; on est donc conduit à admettre, ou bien que les mesures de λ_1 sont impossibles à prendre exactement, et que cette face se confond avec λ, ce qui paraît peu probable, ou bien que λ_1 est réellement un nouveau plagièdre à symbole compliqué. Si cette face était un peu plus nette et si la dernière hypothèse pouvait être confirmée, on aurait à ajouter à la face α, dont il sera question plus loin, un nouvel exemple de la nécessité, dans quelques cas, de modifier la loi autrefois admise par Haüy sur la simplicité des rapports qui expriment la position des faces des cristaux.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$n_1 = (d^1 d^{\frac{7}{8}} b^{\frac{1}{2}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{21}} h^1)$ hémièdre.

Cette face paraît encore plus rare que la face n de Rose; je ne l'ai trouvée que sur le cristal du Valais *fig.* 37, *Pl. I*, et sur un cristal du Brésil, où elle est douteuse; comme la face n de Rose, elle est surtout remarquable par la zone qui existe entre n_1 inférieure, $e^{\frac{5}{3}}$ inférieur et x supérieur.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
? $n_2 = (d^1 d^{\frac{9}{10}} b^{\frac{1}{2}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{27}} h^1)$ hémièdre.

Un très-gros cristal du Piémont, dont la *fig.* 70, *Pl. III*, représente un des angles solides, porte une petite bordure assez nette, en zone, entre la face x supérieure et un rhomboèdre inférieur, fortement strié, qui paraît devoir être rapporté à $e^{\frac{7}{4}}$; en admettant que la détermination de ce rhomboèdre soit exacte, on aurait une troisième face n_2 analogue aux deux précédentes n et n_1. Parmi les mesures directes qu'on peut prendre, à l'aide d'empreintes en cire d'Espagne, sur ce gros cristal, l'incidence de x sur $e^{\frac{7}{4}}$ est la seule qui conduise à admettre la zone x, n_2, $e^{\frac{7}{4}}$; car le nombre que j'ai trouvé pour x sur n_2 est assez incertain pour pouvoir être également bien rapporté à l'inclinaison de x sur n_1.

2°. Plagièdres supérieurs à s.

Un petit nombre seulement des faces de cette seconde catégorie offrent les stries caractéristiques des plagièdres inférieurs que je viens de décrire; les autres sont plus ou moins arrondies, et il est souvent impossible de les distinguer des faces correspondantes de la zone $e^{\frac{1}{2}} s e^2$; c'est ce qui arrive notamment pour les plagièdres t_1, t_3, t_5 et t_6.

Le seul plagièdre supérieur reconnu par M. Rose est :

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$t = (d^1 d^{\frac{2}{11}} b^{\frac{1}{2}})$.	$(b^{\frac{2}{3}} b^1 h^{\frac{2}{3}})$ hémièdre.

Les six nouvelles faces analogues que j'ai trouvées sont les suivantes :

$t_1 = (d^1 d^{\frac{5}{23}} b^{\frac{1}{2}})$, inverse de σ_1. $(b^{\frac{5}{6}} b^1 h^{\frac{5}{6}})$ homoèdre.

$t_2 = (d^1 d^{\frac{1}{7}} b^{\frac{1}{2}})$, inverse de L. $(b^{\frac{1}{2}} b^1 h^{\frac{1}{2}})$ homoèdre ?

$t_3 = (d^1 d^{\frac{1}{10}} b^{\frac{1}{2}})$, inverse de τ. $(b^{\frac{1}{3}} b^1 h^{\frac{1}{3}})$ homoèdre.

? $t_4 = (d^1 d^{\frac{1}{28}} b^{\frac{1}{2}})$, inverse de τ_5. $(b^{\frac{1}{9}} b^1 h^{\frac{1}{9}})$ homoèdre ?

$t_5 = (d^1 d^{\frac{1}{34}} b^{\frac{1}{2}})$, inverse de τ_6. $(b^{\frac{1}{11}} b^1 h^{\frac{1}{11}})$ homoèdre.

$t_6 = (d^1 d^{\frac{1}{52}} b^{\frac{1}{2}})$, inv. de $(d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{6}{11}} b^1)$. $(b^{\frac{1}{17}} b^1 h^{\frac{1}{17}})$ hémièdre.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$t = (d^1 d^{\frac{2}{11}} b^{\frac{1}{2}})$.	$(b^{\frac{2}{3}} b^1 h^{\frac{2}{3}})$ hémièdre.

Ce plagièdre n'est pas rare sur les cristaux de Baveno (*fig.* 30 du Mémoire de Rose), ni sur ceux du Valais (*fig.* 20 et 24, *Pl. I*; 44 et 55, *Pl. II*); en général très-étroit, je l'ai trouvé prenant une grande extension sur quelques cristaux d'Australie. Les cristaux *fig.* 20 et 24, *Pl. I*, et *fig.* 44, *Pl. II*, font voir la face t en zone entre $e^{\frac{1}{2}}$ et $e^{\frac{7}{2}}$. Les cristaux *fig.* 24 et 44 montrent, en outre, dans cette zone la face φ, que j'ai déjà citée pour la seconde zone qu'elle forme avec p et y.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$t_1 = (d^1 d^{\frac{5}{23}} b^{\frac{1}{2}})$, inverse de σ_1	$(b^{\frac{5}{6}} b^1 h^{\frac{5}{6}})$ hémièdre.

Ce plagièdre, moins incliné sur p que le précédent, s'est trouvé sur deux cristaux de Traverselle (*fig.* 52, *Pl. II*), sur un cristal incolore de Fairfield (New-York), et sur un cristal limpide de la collection de M. Brooke, venant probablement du Dauphiné, et représenté par la

fig. 56, *Pl. II*. La moyenne des incidences observées sur les cristaux de Traverselle et sur le cristal de M. Brooke s'accorde bien avec le calcul du signe $(d^1 d^{\frac{5}{23}} b^{\frac{1}{2}})$, inverse de $\sigma_1 = (d^{\frac{7}{22}} d^1 b^{\frac{7}{11}})$, dont le symbole a été discuté précédemment. Les mesures prises sur le cristal de Fairfield sembleraient conduire au symbole plus simple $(d^1 d^{\frac{2}{9}} b^{\frac{1}{2}})$, inverse de $(d^{\frac{4}{18}} d^1 b^{\frac{8}{13}})$; mais comme ce cristal est moins net que le cristal limpide de M. Brooke, le signe $(d^1 d^{\frac{5}{23}} b^{\frac{1}{2}})$ me paraît devoir être préféré, malgré sa complication apparente.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$t_2 = (d^1 d^{\frac{1}{7}} b^{\frac{1}{2}})$, inverse de L.	$(b^{\frac{1}{2}} b^1 h^{\frac{1}{2}})$ homoèdre?

Cette face, très-rare, n'a été observée que sur le remarquable cristal du Brésil *fig.* 53, *Pl. II*; comme elle est très-étroite et un peu arrondie, sa mesure ne peut pas être prise avec une grande exactitude; cependant l'inclinaison sur p, calculée avec le symbole adopté ici, différant très-peu de la moyenne des observations, et ce symbole, fort simple lui-même, étant l'inverse de la face probable $L = (d^{\frac{1}{2}} d^1 b^1)$, discutée précédemment, tout porte à croire à la réalité de $t_2 = (d^1 d^{\frac{1}{7}} b^{\frac{1}{2}})$.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$t_3 = (d^1 d^{\frac{1}{10}} b^{\frac{1}{2}})$, inverse de τ.	$(b^{\frac{1}{3}} b^1 h^{\frac{1}{3}})$ homoèdre.

Cette face, aussi rare que la précédente, n'a également été trouvée que sur un cristal enfumé du Brésil (*fig.* 57, *Pl. II*); comme elle n'est pas très-nette, sa mesure offre quelque incertitude; mais le signe fort simple $(d^1 d^{\frac{1}{10}} b^{\frac{1}{2}})$ étant exactement l'inverse du plagièdre $\tau = (d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{4}{5}} b^1)$, on peut admettre que c'est là le véritable symbole de t_3 : les

incidences, calculées d'après ce symbole, sont d'ailleurs très-voisines de la moyenne des observations.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
? $t_4 = (d^1 d^{\frac{1}{28}} b^{\frac{1}{2}})$, inverse de τ_5.	$(b^{\frac{1}{9}} b^1 h^{\frac{1}{9}})$ homoèdre.

Je n'ai trouvé l'inclinaison conduisant à ce symbole que sur deux cristaux de Traverselle, dont un est représenté *fig.* 52, *Pl. II*; aussi je considérerais la face t_4 comme excessivement douteuse, si une incidence très-voisine de la sienne n'était donnée dans la nouvelle édition de la *Minéralogie* de Dana, comme s'étant présentée sur un cristal de la carrière dite Milk-Row (New-York).

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$t_5 = (d^1 d^{\frac{1}{34}} b^{\frac{1}{2}})$, inverse de τ_6.	$(b^{\frac{1}{11}} b^1 h^{\frac{1}{11}})$ homoèdre.

Cette face, quoique légèrement arrondie, a fourni, sur les vingt-cinq cristaux de Traverselle où je l'ai trouvée, des mesures si constamment comprises entre 176 et 177 degrés, que son existence ne saurait être mise en doute. Le symbole que je lui ai attribué fournit un nombre qui diffère de 9 minutes de la moyenne des quarante et une observations qui ont été faites; mais comme ce symbole a l'avantage de représenter exactement l'inverse de la face τ_6, et que, d'après ce que je viens de dire, la face t_5 n'a pas une netteté parfaite, on peut très-bien négliger cette faible différence. Le plagièdre t_5 s'est montré sur un assez grand nombre de cristaux, à droite et à gauche d'une même face p; sur d'autres échantillons, on a d'un côté une face t_5, et du côté opposé une face t_6.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$t_6 = (d^1 d^{\frac{1}{52}} b^{\frac{1}{2}})$	$(b^{\frac{1}{17}} b^1 h^{\frac{1}{17}})$ hémièdre

La mesure des inclinaisons sur p, qui m'a fait admettre ce symbole, ne m'a fourni que des nombres compris entre

177 et 178 degrés; la moyenne de quatre-vingt-quinze observations, faites sur quarante et un cristaux de Traverselle, et sur un cristal limpide de Little-Falls (New-York), diffère seulement de 7 minutes du nombre calculé; on peut donc croire que les erreurs provenant de la rondeur habituelle à cette face et à ses analogues se trouvent suffisamment palliées ici par la grande quantité des observations. J'ai dit, en décrivant le plagièdre τ_7, que la moyenne de ses incidences était notablement supérieure au nombre résultant du signe $(d^{\frac{1}{2}}\, d^{\frac{5}{9}}\, b^1)$, mais qu'elle serait cependant encore plus mal représentée par le symbole $(d^{\frac{1}{2}}\, d^{\frac{6}{11}}\, b^1)$. Cette dernière expression correspond, en effet, exactement dans la zone $e^{\frac{1}{2}}\, s\, e^2$ à la face t_6 de la zone $p\, s\, e^2$, et comme mes mesures m'ont toujours montré l'inclinaison de τ_7 sur $e^{\frac{1}{2}}$ inférieure à celle de t_6 sur p, je n'ai pas cru devoir regarder les deux modifications τ_7 et t_6 comme rigoureusement inverses l'une de l'autre. De même que t_5, la face t_6 s'est trouvée à la fois à droite et à gauche d'une même face p.

L'examen comparatif de toutes les faces que j'ai décrites jusqu'ici semblerait montrer que la tétartoédrie, attribuée au quartz par les minéralogistes qui rapportent la cristallisation de ce minéral au système hexagonal, n'est pas aussi générale qu'on le supposait. En effet, sur les cinquante-neuf rhomboèdres dont j'ai donné les symboles, dix-sept sont inverses les uns des autres, sans compter les deux rhomboèdres types p et $e^{\frac{1}{2}}$, et parmi les quarante-deux plagièdres, trois inférieurs sur vingt-quatre et cinq supérieurs sur vingt-trois ont des incidences égales dans les deux zones $e^{\frac{1}{2}}\, s\, e^2$, $p\, s\, e^2$; or, dans le système hexagonal, les rhomboèdres directs et leurs inverses constituent des dodécaèdres à triangles isocèles homoèdres, et les plagièdres correspondants des deux zones forment, par leur réunion sur un même angle

du prisme, des hémididodécaèdres simplement hémièdres; mais ces solides ne doivent être regardés que comme des abstractions géométriques, et toutes les observations tendent à prouver que leurs diverses parties constituantes ne sont pas identiques sous tous les rapports.

Dans le système rhomboédrique, la combinaison des deux espèces de rhomboèdres ne produit, au contraire, que des pseudo-isocéloèdres composés de deux sortes d'éléments; quant aux plagièdres qui possèdent les mêmes incidences, mais des positions inverses, chacun d'eux appartient à un scalénoèdre droit ou gauche, dont les faces ne peuvent être combinées ensemble, puisqu'elles ne sont pas symétriquement placées sur la forme primitive. Ces scalénoèdres se réduisent presque tous par hémiédrie à un solide composé de six plans quadrangulaires, représentant seulement la moitié des véritables scalénoèdres qu'engendrerait la coexistence des plagièdres droits et gauches de la même espèce sur les angles latéraux du rhomboèdre; quelques faces pourtant, comme je l'ai fait remarquer dans la description détaillée de chacune d'elles, paraissent pouvoir former des scalénoèdres complets : telles sont les faces ν, ν_2, τ_3, τ_5, τ_7 dans la zone $e^{\frac{1}{2}}\, s\, e^2$, et les faces ρ, t_5 et t_6 dans la zone $p\, s\, e^2$.

J'ai signalé les différences physiques très-reconnaissables qui existent entre la plupart des rhomboèdres directs et inverses, et entre les plagièdres des zones $e^{\frac{1}{2}}\, s\, e^2$ ou $p\, s\, e^2$; ces différences, en s'ajoutant à plusieurs autres raisons, me paraissent devoir être considérées comme un argument à peu près sans réplique en faveur de l'opinion anciennement émise par Haüy, à savoir, qu'on devait regarder le rhomboèdre comme étant le type cristallin du quartz et celui de sa molécule.

VI. — Prisme hexagonal e^2 situé sur les angles latéraux du rhomboèdre primitif.

Cette face, combinée à la pyramide hexagonale qui se compose des faces des deux rhomboèdres inverses p et $e^{\frac{1}{2}}$, est certainement la forme dominante des cristaux de quartz de presque toutes les localités ; je n'ai donc rien à ajouter à ce qui en a été dit par tous les observateurs.

VI *bis*. — Base du prisme hexagonal a^1.

J'ai rencontré dans le cours de mes recherches une face excessivement rare, tronquant la pyramide hexagonale suivant un plan perpendiculaire à l'axe principal du rhomboèdre primitif, et ayant, par conséquent, pour symbole rhomboédrique a^1, et pour symbole hexagonal p. Deux cristaux seulement m'ont offert cette base, inobservée jusqu'à présent : l'un, incolore, vient probablement du Brésil ; l'autre, noir, à peine translucide sur les bords, est d'une localité inconnue. Le premier, représenté *fig.* 59, *Pl. II*, appartient à la collection de l'Ecole des Mines ; le second, représenté *fig.* 60, *Pl. II*, est la propriété de M. Achard. Le cristal de l'École des Mines n'a que sa partie supérieure complète, la partie inférieure étant cassée ; la base a^1 n'est pas assez unie pour se prêter à une mesure exacte ; elle porte dans diverses directions des stries plus ou moins régulières, limitées par trois lignes légèrement saillantes qui, du centre de l'hexagone, se dirigent assez exactement vers trois de ses angles alternes, et semblent, par conséquent, indiquer la projection des faces rhombes s ; mais ce qui suffit pour prouver que cette base est bien réellement perpendiculaire à l'axe, ce sont les six bordures étroites comprises chacune entre deux lignes parallèles, qui représentent les intersections avec la base et avec les faces verticales e^2 de deux rhomboèdres, dont je n'ai pu déterminer les symboles à cause des cannelures qui les recouvrent.

Autant que j'ai pu en juger à travers deux faces non polies, et dont l'une était simplement noyée dans de la térébenthine, ce cristal, vu dans la lumière blanche polarisée, paraît en partie composée de couches alternatives de rotation inverse, dont l'arrangement est difficile à bien saisir.

Le cristal *fig.* 60, *Pl. II*, est plus complet que le précédent : d'un côté, il offre la base hexagonale, terne et granulée, bordée par des portions étroites des six faces de la pyramide, dont les incidences sont faciles à déterminer; de l'autre côté existe un sommet complet, formé par trois faces p, prédominantes et fortement ondulées, et par trois faces $e^{\frac{1}{2}}$ plus petites, et n'offrant que de légères ondulations. La disposition de ce cristal rappelle donc celle des cristaux pyro-électriques de zinc silicaté.

Outre les bases bien caractérisées dont je viens de donner la description, j'ai encore trouvé sur l'un des sommets d'un petit cristal bipyramidé, à prisme très-court, une face entièrement arrondie qui, par sa position, ne peut évidemment appartenir qu'à la modification a^1; mais, vu son peu de netteté, je n'en parle que pour mémoire.

Haüy avait noté dans sa collection, comme cristaux basés perpendiculairement à l'axe, de petits cristaux comprimés en escaliers, de Beralston, en Devonshire; un examen attentif de ces cristaux, connus en Angleterre sous le nom de *babel-quartz*, m'a montré qu'on ne pouvait pas les considérer comme l'avait fait Haüy, et que leur forme rentrait dans celle des cristaux dont une face s'est développée anormalement aux dépens des autres.

La *fig.* 61, *Pl. II*, représente un cristal isolé de Beralston, dont la position respective des faces a été déterminée au moyen de mesures directes. On sait que les échantillons qui portent ces singuliers cristaux se présentent à l'observateur sous deux aspects bien différents : on a, en effet, d'un côté, des cristaux prismatiques ordinaires à double sommet pyramidé, groupés confusément en masses géodiques;

de l'autre côté, on voit parfaitement la trace de gros cristaux cubiques de fluorine, maintenant disparus, sur lesquels les cristaux prismatiques de quartz ont dû se déposer; c'est de l'empreinte produite par ce contact que sortent, sous forme de gradins polygonaux plus ou moins saillants, les cristaux que Haüy regardait comme basés; et c'est par la face *p*, de la pyramide inférieure, invisible sur la *fig.* 61, que ces cristaux se fondent dans la masse qui s'est appuyée sur la fluorine : cette face est devenue tout à fait prédominante, et elle sert de support aux piles de lames décroissantes sur lesquelles on retrouve les autres faces *p* et une face $e^{\frac{1}{2}}$ de la même pyramide inférieure, trois faces e^2, et deux petites faces rhombes, dont une visible sur la figure, et enfin des faces de la pyramide supérieure, dont la seule visible est une face primitive *p*, parallèle à celle qui sert de point d'appui : cette face *p* offre toujours, jusque dans ses plus petites dimensions, la figure d'un hexagone ou d'un heptagone à côtés inégaux et assez irrégulier.

On rencontre souvent, en Angleterre, de gros cristaux de chaux fluatée, recouverts de petits cristaux de quartz, très-brillants; lorsqu'on enlève un de ces petits cristaux, on trouve, à sa place, dans la fluorine, une empreinte plus ou moins profonde, dont la forme rappelle tout à fait celle de la face libre du *babel-quartz*.

La même association de quartz et de fluorine produit du véritable *babel-quartz* dans des géodes qu'on trouve près de Saint-Yrieix (Haute-Vienne).

Parmi les gros cristaux du Brésil que j'ai examinés, j'en ai trouvé quelques-uns dont une des faces *p* portait des excroissances semblables à celles qui constituent le *babel-quartz* de Beralston; comme rien, dans ces cristaux, n'annonce un contact avec de la fluorine ou d'autres corps étrangers, il est possible qu'on puisse assigner à ce développement anormal, dans la direction d'une seule face, plusieurs causes différentes.

On a souvent noté, dans les collections, comme offrant la base, des cristaux dont les faces du sommet sont plus ou moins complétement remplacées par un seul plan, qui paraît quelquefois à l'œil presque perpendiculaire à l'axe. J'ai examiné un grand nombre de ces échantillons, et j'ai trouvé que ce plan, souvent assez régulier, pouvait être considéré comme produit, tantôt par le contact du quartz contre une surface unie, tantôt par une cristallisation dont une cause quelconque aurait gêné le libre développement; ce qu'il y a de curieux, c'est que l'oblitération ne paraît pas s'être faite tout à fait au hasard : quelquefois, en effet, la face oblitérée est parallèle à une arête d'intersection de la pyramide avec le prisme e^2, comme on s'en assure facilement à l'aide des stries horizontales qui couvrent ce prisme; l'angle de cette face avec l'axe a été trouvé de 124 degrés sur un cristal, et de 102 degrés environ sur un second cristal; d'autres fois, et c'est le cas le plus fréquent, la face n'est plus parallèle à aucune des arêtes d'intersection de la pyramide et du prisme, mais sa plus grande inclinaison sur l'axe est encore comprise généralement entre 107 et 103 degrés. Il ne m'a jamais paru qu'il y eût là une loi assez constante pour être exprimée par des nombres, et je n'ai signalé ces faits que pour bien montrer qu'ils n'ont aucun rapport avec la base des cristaux *fig.* 59 et 60.

VII. — Prisme hexagonal d^1 sur les arêtes latérales du rhomboèdre primitif.

Ce second prisme, toujours très-subordonné au prisme e^2, est excessivement rare sur les cristaux de certaines localités, tandis que dans certaines autres il se rencontre assez fréquemment; parmi ces derniers, il faut mettre en première ligne Carrare et le Brésil. Je l'ai aussi rencontré sur un cristal de Traverselle, sur plusieurs cristaux d'Australie, et sur certains cristaux bruns d'Espagne, qu'on sait

maintenant transformer, par la chaleur, en pierres d'une teinte d'un beau jaune d'or, assez estimées dans la joaillerie.

Quoique le prisme d^1 n'offre jamais que des faces étroites et un peu rugueuses, on parvient quelquefois à mesurer assez exactement son inclinaison sur e^2; on l'observe, tantôt sur trois arêtes alternes, tantôt sur les six arêtes verticales du prisme e^2; la plupart des cristaux de Carrare le portent sur les trois arêtes alternes, au-dessus desquelles ne se trouve pas le rhombe s, de sorte qu'il arrive souvent que d^1 est placé entre les deux faces d'un prisme symétrique, à six pans (*fig.* 62, *Pl. II*); d'autres fois, d^1 est sur les trois arêtes portant, s; et le prisme symétrique modifie les trois autres arêtes (*voy.* le cristal du Brésil, *fig.* 53, et le cristal de Carrare, *fig.* 63); dans d'autres cas, plus rares, d^1 existe à la fois sur les trois arêtes qui ne portent pas de prisme symétrique, et sur les arêtes portant le prisme, dans les intervalles où cette modification est interceptée (*fig.* 64).

D'après une communication récente que j'ai reçue de de M. Miller, M. G. Rose a également observé le prisme d^1 sur les six arêtes verticales d'un cristal simple de Sundwich, près Iserlohn, en Westphalie.

VIII. — Prismes symétriques a six ou a douze pans.

Les modifications de cette espèce, qui se rencontrent fréquemment sur les cristaux de Carrare, sont assez rares dans les autres localités; on les trouve cependant sur quelques cristaux du Brésil, de Sibérie et de Suisse; le plus généralement elles sont hémièdres, et ne modifient que trois des arêtes verticales du prisme e^2; cependant M. Haidinger a cité un cristal dont les six arêtes étaient modifiées à la fois. J'ai aussi trouvé dans la collection de l'École des Mines un petit cristal jaunâtre du Brésil, dont toutes les arêtes verticales portent une double troncature; seule-

ment, cette troncature ne paraît pas être la même sur les six arêtes, et quoique la mesure de ses incidences soit très-difficile, à cause de la rondeur de ses faces et de leur peu de netteté, on peut constater sur trois arêtes un prisme à faces larges et arrondies, faisant avec e^2 un angle d'environ 164 degrés, tandis que sur les trois autres arêtes il y a un autre prisme, à faces étroites, inclinées sur e^2, de 166 à 167 degrés.

L'arrondissement des faces des prismes symétriques est un fait général, commun aux cristaux de toutes les localités; aussi leurs angles offrent-ils toujours un peu d'incertitude. Les nombreux cristaux de Carrare, que M. le duc de Luynes a bien voulu mettre à ma disposition, m'ont fourni une série de mesures assez différentes les unes des autres; mais, comme j'ai pu prendre la moyenne d'un grand nombre d'observations, j'ai été conduit à admettre plusieurs prismes différents, dont les uns sont bien certains, et dont les autres sont seulement probables.

Le signe rhomboédrique général de tous ces solides est de la forme $(b^x d^1 d^y)$, x et y étant des nombres fractionnaires liés entre eux par la relation $\frac{1}{x} = 1 + \frac{1}{y}$; leur signe hexagonal est, suivant la notation de Lévy, h^m, m se déduisant immédiatement du signe rhomboédrique au moyen de la formule :

$$m = \frac{2y + 1}{1 - y}.$$

Je vais indiquer rapidement les faces de cette espèce, qui étaient connues jusqu'ici, et celles dont j'ai constaté l'existence.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$k = (b^{\frac{4}{11}} d^1 d^{\frac{4}{7}})$.	h^5 hémièdre.

Ce prisme, cité par M. Rose, et que j'ai retrouvé sur un cristal d'Australie, est celui dont les faces sont le plus incli-

nées sur le prisme e^2; il se trouve dans une zone formée par une face p inférieure, et par le rhomboèdre $e^{\frac{11}{4}}$, mais cette zone n'a jamais été observée.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$k_1 = (b^{\frac{1}{8}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$.	h^1 hémièdre.

Ce prisme offre des faces assez larges, arrondies et fortement cannelées sur le cristal incolore du Brésil *fig.* 53, *Pl. II*; il ne modifie que trois arêtes alternes du prisme vertical, dont les trois autres arêtes portent une face d^1 étroite, brillante et tellement arrondie, qu'on pourrait peut-être admettre qu'elle est accompagnée d'un autre prisme symétrique, faisant avec e^2 un angle de 153°40′. Le symbole rhomboédrique de k_1 montre que cette face fait partie d'une zone jusqu'ici inobservée, qui se composerait d'une face p inférieure, du plagièdre $\nu = (b^{\frac{1}{3}} d^1 d^{\frac{2}{3}})$, et du rhomboèdre e^3.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$k_2 = (b^{\frac{2}{7}} d^1 d^{\frac{2}{5}})$.	h^3 hémièdre.

Ce prisme est celui qui forme des troncatures très-étroites sur trois arêtes alternes du petit cristal jaunâtre du Brésil dont j'ai parlé ci-dessus; je n'ai retrouvé sur aucun autre échantillon les incidences qui conduisent au symbole adopté ici : c'est donc surtout sa grande simplicité qui rend son existence probable; le prisme k_2 se trouverait dans la zone inobservée p inférieur, $h^2 e^{\frac{7}{2}}$.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$k_3 = (b^{\frac{1}{4}} d^1 d^{\frac{1}{3}})$.	$h^{\frac{5}{2}}$ hémièdre.

C'est ce prisme qui accompagne le précédent sur le cristal du Brésil dont il vient d'être question, et qui forme des troncatures larges et arrondies sur les trois arêtes où k_2 n'existe pas.

J'ai retrouvé les incidences qui conduisent au symbole

de k_3 sur un autre cristal jaunâtre du Brésil, faisant aussi partie de la collection de l'École des Mines ; ce cristal, analogue au précédent, ne porte également k_3 que sur trois arêtes alternes ; les trois autres arêtes sont modifiées par un second prisme qui parait devoir être rapporté à k_1 ; enfin, les mêmes incidences ont été observées sur un fragment de cristal jaune du Brésil, de la collection du Muséum.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$k_4 = (b^{\frac{1}{5}} d^1 d^{\frac{1}{4}})$.	h^2 hémièdre.

Ce prisme, dont le signe est très-simple, se rencontre sur trois arêtes alternes du beau cristal à deux sommets du Brésil *fig.* 43, *Pl. II*, qui fait partie de la collection de la Sorbonne ; seulement, les faces n'en sont mensurables que sur une seule de ces arêtes, les deux autres étant entièrement arrondies et parsemées de petites pyramides saillantes qui ont la forme des clous dits *à tête de diamant*. Des trois autres arêtes de ce cristal, deux sont pures, la troisième est arrondie et cannelée obliquement par des lignes courbes.

Le prisme k_4 est celui que Lévy cite dans sa *Description d'une collection de minéraux appartenant à M. Turner*, et quoique je ne l'aie observé que sur le seul cristal que je viens de citer, la simplicité de son signe m'a engagé à l'adopter : il formerait zone avec une face inférieure p, et le rhomboèdre e^5.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$c = (b^{\frac{1}{6}} d^1 d^{\frac{1}{5}})$.	$h^{\frac{7}{4}}$ homoèdre.

Ce prisme a été depuis longtemps cité par M. Haidinger, comme existant à la fois sur les six arêtes de quelques cristaux de Suisse ; ses incidences le placent entre le précédent et le suivant :

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$k_5 = (b^{\frac{1}{7}} d^1 d^{\frac{1}{6}})$.	$h^{\frac{8}{5}}$ hémièdre.

Ce prisme est un des plus communs sur les cristaux de

Carrare, et la double troncature qu'il forme sur trois arêtes alternes est presque toujours modifiée par le prisme d^1; la moyenne de son inclinaison sur e^2, obtenue à l'aide de nombreuses mesures prises sur six cristaux, ne diffère que de quelques minutes de l'angle fourni par le calcul; l'existence du symbole adopté ici est donc à peu près certaine.

Le cristal *fig.* 62, *Pl. II*, qui porte k_5, offre une hémitropie fréquente dans les échantillons de Carrare; on voit en effet sur ce cristal que le prisme k_5, qui ne devrait exister que sur les trois arêtes alternes où ne se trouve pas le rhombe s, se montre cependant sur quatre des arêtes verticales; mais il est aussi facile de reconnaître, par l'inspection des faces du sommet et des plagièdres que porte le cristal, que si, la partie supérieure restant fixe, on fait décrire à la partie inférieure un angle de 60 degrés autour de l'axe, tout se trouve remis à sa place; les diverses parties de k_5, maintenant interrompues, viennent s'ajuster les unes au-dessus des autres, et le cristal reprend l'aspect d'un cristal régulier à deux sommets.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$k_6 = (b^{\frac{1}{6}} d^1 d^{\frac{1}{7}})$.	$h^{\frac{3}{7}}$ hémièdre.

C'est ce prisme que portent le plus fréquemment, et avec les faces les plus nettes, les cristaux de Carrare; la moyenne générale d'un très-grand nombre d'observations faites sur neuf cristaux, ne diffère que dans les secondes de l'incidence fournie par le calcul; on peut donc regarder comme parfaitement assurées l'existence de k_6 et sa notation : cette face se trouverait dans la zone formée par une face p inférieure et par le rhomboèdre e^8.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
?? $k_7 = (b^{\frac{1}{9}} d^1 d^{\frac{1}{8}})$.	$h^{\frac{10}{7}}$ hémièdre.

Les angles qui conduisent à ce symbole ne s'étant trouvés

que sur un seul cristal de Carrare, je ne le cite que pour mémoire, et je crois que ce prisme doit se confondre avec le suivant :

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$k_8 = (b^{\frac{1}{10}} d^1 d^{\frac{1}{9}})$.	$h^{\frac{11}{8}}$ hémièdre.

Ce prisme a été trouvé sur quatre cristaux de Carrare, et la moyenne des nombreuses mesures prises sur ces cristaux ne diffère que de 1′30″ du nombre calculé d'après le signe cristallographique adopté ici ; k_8 peut donc être rangé parmi les faces à peu près certaines ; la zone inobservée jusqu'ici, dont il fait partie, contiendrait une face p inférieure, et le rhomboèdre e^{10} que j'ai cité sur les cristaux de Traverselle.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$k_9 = (b^{\frac{1}{11}} d^1 d^{\frac{1}{10}})$.	$h^{\frac{4}{5}}$ hémièdre.

Cette face, trouvée sur cinq cristaux de Carrare et sur une arête du cristal *fig.* 20, *Pl. I*, offre des incidences assez variables et voisines de celles de la face précédente, dont elles paraissent cependant différer sensiblement. Généralement l'inclinaison sur e^2 a offert une mesure un peu plus forte que le nombre fourni par le symbole attribué à k_9 ; mais comme ce symbole est le seul simple qui rentre dans les limites de l'observation, et que d'ailleurs un ou deux cristaux de Carrare ont donné des incidences à peine différentes des nombres calculés, l'existence de k_9 me paraît très-probable. J'ai cité sur les cristaux de Traverselle un rhomboèdre e^{11} qui composerait une zone latérale avec k_9 et une face p inférieure ; cette zone, comme toutes celles où peuvent entrer les divers prismes symétriques que je viens de décrire, n'a pu être constatée directement : cela tient à ce fait assez remarquable, que les cristaux de Carrare, sur lesquels se trouvent le plus grand nombre de prismes symétriques, ne présentent aucun des rhomboèdres pouvant for-

mer des zones avec ces prismes et avec une face inférieure du rhomboèdre primitif.

C'est au prisme k_9 qu'on devrait rapporter les faces douteuses, qui, sur trois arêtes alternes du cristal *fig.* 53, dont j'ai parlé plus haut, semblent accompagner le prisme d^1, si l'on voulait regarder l'arrondissement de ce prisme comme produit par sa combinaison avec un prisme symétrique.

IX. — Faces isolées faisant partie d'une ou de deux zones avec les faces précédemment décrites.

1°. Isocéloèdres.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\xi = (d^{\frac{1}{2}}\, d^{\frac{1}{5}}\, b^1)$.	a^2 homoèdre.

Dans son *Traité de Minéralogie*, Haüy dit qu'il possède dans sa collection des cristaux de quartz hyalin violet d'Oberstein, offrant sur les arêtes de la pyramide une troncature qui constitue la variété à laquelle il a donné le nom d'*émarginée*. On sait que cette collection classique, après avoir passé de longues années en Angleterre, a été rachetée naguère par le Gouvernement français, et qu'elle se trouve maintenant déposée dans les galeries du Muséum ; j'ai donc pu, grâce à l'obligeance de M. Dufrénoy, passer en revue tous les cristaux de quartz qu'elle renferme ; mais, malgré le soin respectueux avec lequel on a recueilli et replacé tout ce qui restait des anciennes étiquettes de Haüy, il m'a été impossible d'apercevoir l'échantillon de la variété émarginée.

Après avoir cherché sans succès cette variété sur un très-grand nombre d'échantillons, j'ai été assez heureux pour la trouver indiquée sur des cristaux d'améthyste tapissant une plaque d'agate que je possédais depuis longtemps, et tout récemment je l'ai rencontrée en bordures très-nettes sur quelques améthystes violettes qui garnissent l'intérieur de grandes géodes d'agate de l'Uruguay, et sur de petits cristaux d'un violet très-pâle, provenant des mines de cuivre

du lac Supérieur, aux États-Unis; les riches filons de cuivre natif de cette localité ont été injectés dans un terrain de trapp et d'amygdaloïdes, qui offre une certaine analogie avec celui d'Oberstein; aussi y a-t-on rencontré fréquemment des rognons d'agate et des cavités tapissées par des cristaux de quartz et d'améthyste, par des cristaux de calcaire et par diverses zéolites, telles que la prehnite, l'apophyllite, la laumonite et l'analcime.

La face ξ s'étant montrée sur plusieurs arêtes contiguës de la pyramide, on ne saurait douter de l'existence d'une modification tangente aux six arêtes de cette combinaison, et produisant un isocéloèdre homoèdre; seulement cette modification doit être rangée, avec la troncature perpendiculaire à l'axe, parmi les faces les plus rares que présente la cristallisation du quartz.

Les petits cristaux bipyramidés, plus ou moins fortement colorés en rouge, qu'on rencontre dans les gypses de quelques parties des Pyrénées françaises et espagnoles, et qui sont généralement connus dans les collections sous le nom d'hyacinthes de Compostelle, ont assez souvent les arêtes de leur pyramide légèrement arrondies, de sorte qu'on croit aussi y entrevoir une légère troncature; mais cette troncature, si elle existe, est si étroite et offre si peu de netteté, qu'elle est tout à fait indéterminable; d'ailleurs ces cristaux, de quelque localité qu'ils proviennent, sont tous, malgré leur apparence de simplicité extérieure, des cristaux composés d'individus de rotations inverses et régulièrement enchâssés les uns dans les autres. On reconnaît facilement cette structure, en examinant dans la lumière polarisée des lames coupées perpendiculairement à l'axe de ces cristaux (*fig.* 5, 6 et 7, *Pl. IV*) : il est donc très-possible que l'arrondissement des arêtes de la pyramide ne tienne qu'à un assemblage imparfait des faces du sommet des divers individus enchevêtrés; certains cristaux, rapportés dernièrement du Tyrol par M. Hugard, offrent en effet, en creux,

un phénomène analogue à celui que les hyacinthes présenteraient en relief; la *fig.* 45, *Pl. II*, qui représente un cristal de Pfitsch, fait voir sur les six arêtes culminantes de petites gouttières dont l'intérieur, plus ou moins ondulé, laisse reconnaître les deux facettes étroites et brillantes qui forment l'angle rentrant; l'ensemble du cristal paraît donc résulter du rapprochement incomplet de six secteurs de 60 degrés groupés autour d'un cylindre ou d'un prisme central, de manière à laisser voir au sommet une face entière et des bandes étroites appartenant à deux faces adjacentes de la pyramide de chaque individu, dans lequel on peut supposer que les secteurs auraient été découpés.

On peut encore expliquer autrement l'arrondissement des arêtes pyramidales de tous les cristaux désignés sous le nom d'*hyacinthes;* je ferai en effet remarquer que lorsqu'on fait digérer pendant quelques heures, suivant la méthode de Daniell (1), des cristaux de quartz dans de l'acide fluor-

(1) C'est à J. Frédérick Daniell que doit être attribuée la première idée d'analyser la structure des sels et des cristaux, en les plongeant dans des dissolvants appropriés à la nature de chacun d'eux, car on trouve dans les *Annales de Chimie et de Physique*, 1re série, tome II, annéo 1816, l'extrait d'un Mémoire intitulé : *On some phenomena attending the process of solution and their application to the laws of crystallisation*, qui avait été inséré en entier et avec plusieurs planches dans *a Journal of Science and the Arts*, publié par la *Royal Institution of Great Britain* : dans ce Mémoire, M. Daniell décrit le dessin en creux et en relief qu'il a vu se produire :

1°. Sur l'alun, le borax, le sulfate de fer, le sulfate de magnésie, le nitrate de potasse et quelques autres sels solubles, soumis pendant un certain temps à l'action de l'eau pure ou déjà en partie saturée par le sel en expérience;

2°. Sur le carbonate de chaux, le carbonate de baryte et le carbonate de strontiane, traités par du vinaigre;

3°. Sur un culot de bismuth fondu, et sur de l'antimoine soumis à l'acide nitrique faible;

4°. Sur du nickel et sur de la galène traités par l'acide nitrique fort;

5°. Enfin sur un cristal de quartz et sur une cornaline rouge, plongée dans l'acide fluorhydrique étendu; au bout d'un séjour assez court du cristal de quartz dans cet acide, les faces du prisme et celles de la pyramide furent couvertes de figures rectilignes dont les côtés étaient en rapport avec

hydrique étendu, l'attaque, très-inégale sur les différentes faces, se porte principalement sur les arêtes du sommet, que ces arêtes soient celles du rhomboèdre primitif, ou qu'elles représentent l'intersection des faces de la pyramide hexagonale entre elles ou avec la face rhombe; il en résulte à la place de ces arêtes une ou deux facettes cannelées, arrondies, quelquefois assez larges, dont la position, comme celle de certains plagièdres, paraît généralement en rapport avec le sens de la rotation, et qui offrent des interruptions indiquant les enchevêtrements des divers individus : quant aux faces qui concourent vers le sommet, elles sont le plus souvent beaucoup plus profondément altérées que les faces verticales; et comme les sillons creusés par l'acide n'ont pas la même orientation sur les faces p que sur les faces $e^{\frac{1}{2}}$, ces enchevêtrements y produisent des moirages très-variés. Des plaques taillées perpendiculairement à l'axe et soumises au même traitement, éprouvent des effets tout à fait analogues, et l'on peut suivre exactement, sur leurs surfaces travaillées, les contours des pièces nombreuses qui font de ces plaques une véritable marqueterie.

Lorsque l'action de l'acide a été convenablement ménagée, les moirages sur les plans des sommets et les petites facettes qui remplacent leurs arêtes d'intersection prennent une telle ressemblance avec ce qu'on observe sur certains échantillons du Dauphiné, du Brésil, de Jærischau, de Sibérie, etc., et sur les hyacinthes dont je viens de parler, qu'on se demande naturellement si ces échantillons n'auraient pas subi l'action lente et prolongée d'un gaz ou d'un liquide faiblement corrosif. On est d'autant plus porté à croire à une action de ce genre, qu'on en trouve dans la nature des exemples qui ne paraissent guère contestables : ainsi, il

---

la forme rhomboédrique de ce minéral; quant à la plaque polie de cornaline, elle présenta le même arrangement de couches concentriques qu'on connaît dans les agates, quoique rien n'indiquât d'abord cette structure.

existe en différents points des Alpes, et notamment à Guttanen, au-dessous du Grimsel, canton de Berne, des cristaux de quartz de toutes dimensions, dont les arêtes culminantes sont remplacées par des facettes plus ou moins larges, toujours brillantes, et qui finissent quelquefois par donner à la pyramide l'aspect d'un cône fortement corrodé. Les faces de cette pyramide portent des entailles en forme de triangles isocèles renversés, dont le sommet est tourné vers l'arête d'intersection de la pyramide et du prisme, tandis que leur base, rigoureusement parallèle à cette ligne, se dirige vers le sommet du cristal; ces entailles atteignent parfois une profondeur de 1 à 2 centimètres, et s'étendent sur plusieurs des faces prismatiques, de sorte que certains échantillons prennent l'apparence de ces buissons de jade disséqués et fouillés par la main patiente des Chinois; assez souvent, le sommet lui-même a été complétement coupé, et le cristal paraît avoir une base presque régulière. La forme et la symétrie des parties restées en relief permettant difficilement de penser à la destruction d'une substance étrangère interposée dans le quartz, on est porté à admettre que l'eau agissant pendant un temps indéfini, et d'une manière continue, possède une puissance beaucoup plus grande qu'on ne le croit généralement, et peut produire des effets dont nous ne nous rendons pas un compte bien exact.

Du reste, je ne veux indiquer que très-sommairement les faits qui se passent dans l'attaque des cristaux de quartz par l'acide fluorhydrique; car, pendant que je préparais les matériaux du travail que je publie aujourd'hui, ces faits étaient étudiés en détail par M. Leydolt, à qui l'on doit déjà des observations curieuses sur la structure des verres et des agates. Les principaux résultats obtenus par ce savant sont consignés dans un Mémoire présenté en novembre 1854 à l'Académie des Sciences de Vienne, et inséré dans le volume XV des comptes rendus de cette Académie, sous le titre : « *Ueber eine neue Methode, die Structur and Zu-*

sammensetzung der Krystalle zu untersuchen, mit besonderer Berücksichtigung der Varietaten des rhomboedrischen Quarzes. »

M. Leydolt a cru pouvoir conclure de ses expériences que tout cristal simple, composé seulement des faces du prisme et de la pyramide hexagonale, offre, après un séjour d'environ douze heures dans l'acide fluorhydrique étendu, une face rhombe s, placée sur trois angles alternes; un plagièdre supérieur de la zone $p\,s\,e^2$, correspondant à $t = (d^1 d^{\frac{2}{11}} b^{\frac{1}{7}})$, un ou deux hémiscalénoèdres inverses l'un de l'autre, situés sur trois des six arêtes de la pyramide, et dont le plus habituel s'inclinant davantage sur $e^{\frac{1}{2}}$ que sur p, correspond exactement à ma face $\gamma_1 = (d^{\frac{2}{7}} d^{\frac{1}{2}} b^1)$; enfin, un hémiscalénoèdre obtus, situé sur les arêtes culminantes du rhomboèdre primitif, et ayant pour symbole $b^{\frac{16}{9}}$. De ces quatre faces, deux seulement sont bien assurées par des mesures directes; ce sont le rhombe s et l'hémiscalénoèdre γ_1; les deux autres n'ont été déterminées qu'à l'aide des zones qu'elles paraissent former, l'une avec γ_1 et une face antérieure e^2, l'autre avec γ_1 et une ligne horizontale. Or j'ai fait remarquer plusieurs fois, en parlant de certains parallélismes apparents, que dans le quartz, une zone, pour être assurée, doit fournir sur le goniomètre une série de réflexions parallèles à une même droite; rien de semblable n'ayant pu avoir lieu pour les faces regardées comme t et comme $b^{\frac{16}{9}}$, à cause de leur peu d'éclat, leur position pourrait bien devoir être exprimée par d'autres symboles.

Dans les essais que j'avais tentés de mon côté, j'ai, en effet, remarqué des phénomènes semblables à ceux qu'a signalés M. Leydolt; mais ces phénomènes ne m'ont pas conduit à des lois aussi absolues et aussi générales, et je ne sais si l'on peut établir un signe bien déterminé pour des

faces toujours fort rugueuses, et dont les incidences paraissent assez peu constantes; ainsi un cristal du Dauphiné et quelques améthystes m'ont offert, sur les arêtes de la pyramide, une troncature creuse, à peu près également inclinée sur les deux faces qui se coupaient suivant cette arête; cette troncature se rapproche par conséquent de la modification ξ.

Plusieurs cristaux simples de Carrare ont eu, après leur séjour dans l'acide étendu, trois des arêtes de la pyramide remplacées par une seule face plus inclinée sur p que sur $e^{\frac{1}{2}}$, et dont les incidences différaient très-notablement de l'hémiscalénoèdre γ, inverse de γ_1; le plagièdre supérieur de la zone $p\,s\,e^2$, produit sur ces mêmes cristaux, paraît devoir être rapporté à $t_2 = (d^1 d^{\frac{1}{7}} b^{\frac{1}{2}})$ bien plutôt qu'à t; enfin, l'hémiscalénoèdre situé sur les arêtes culminantes du rhomboèdre primitif a aussi sa plus grande inclinaison sur p, et cette inclinaison conduit au signe $b^{\frac{5}{2}}$.

Un petit cristal très-pur de New-York, et un autre cristal du Brésil, m'ont offert, sur trois arêtes pyramidales, une double troncature beaucoup plus rapprochée de γ et de γ_1 que les faces analogues dont je viens de parler; mais le plagièdre supérieur formé sur ces cristaux ne pouvait guère se rapporter qu'à ma face t_2, et l'hémiscalénoèdre placé sur les arêtes culminantes rhomboédriques était, comme précédemment, voisin de $b^{\frac{5}{2}}$.

Les faces artificielles dont j'ai mesuré les incidences ne forment donc aucune des zones que M. Leydolt a signalées, mais qu'il n'a pu constater directement; d'après ce que j'ai dit plus haut, ces zones pourraient bien n'être qu'approximatives, et alors les faces vues par M. Leydolt différeraient sans doute assez peu de celles qui se sont produites sur mes cristaux.

M. Leydolt a aussi conclu de ses expériences que la posi-

tion des faces artificielles sur les arêtes culminantes était toujours en rapport avec le sens de la rotation du cristal; quelques cristaux de Carrare m'ont paru prouver, au contraire, qu'on ne pouvait pas tirer de cette position une règle plus générale que celle qu'on avait cherché à déduire du sens dans lequel se rencontrent certains plagièdres.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\Gamma = (\overset{1}{d^3}\, \overset{1}{d^7}\, b^1)$.	$a^{\frac{9}{4}}$ hémièdre.

Un gros cristal enfumé de Sibérie, appartenant à M. Damour, et représenté *fig.* 65, *Pl. II*, offre à son extrémité inférieure une face parfaitement plane, quoique piquetée, dont l'inclinaison est la même sur les deux pans du prisme vertical adjacent à cette face; si, comme on doit le croire à cause de sa netteté et de la symétrie de sa position, ce n'est pas là un simple plan de contact, la face Γ, supposée sur trois angles alternes du prisme, constituerait, comme la face rhombe, un hémi-isocéloèdre. L'observation montre que son inclinaison sur le prisme e^2 est à très-peu égale à 127 degrés; il n'est donc pas possible d'admettre que cette modification soit la même que ξ, dont l'incidence sur e^2 est égale à 129° 51′.

2°. Hémiscalénoèdres parallèles aux arêtes culminantes ou latérales du rhomboèdre primitif.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$b^{\frac{3}{2}}$.	$(b^1\, b^{\frac{1}{2}}\, h^{\frac{1}{5}})$ hémièdre.

Je n'ai rencontré cette modification que sur un cristal incolore du Valais et sur un joli cristal d'améthyste du Brésil; dans ce dernier, elle forme une troncature hémiédrique sur les trois arêtes culminantes du rhomboèdre primitif, dont les faces, excessivement prédominantes, ont presque complétement fait disparaître les faces $e^{\frac{1}{2}}$; les plans de cette

troncature sont suffisamment larges et unis pour être facilement déterminés malgré leur peu d'éclat, et ils appartiennent évidemment à un hemiscalénoèdre.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
b^3.	$(b^1 b^{\frac{1}{2}} h^{\frac{1}{4}})$ hémièdre.

Le cristal limpide du Brésil *fig.* 58, *Pl. II*, offre, sur une arête culminante du rhomboèdre primitif p, une modification faisant des angles inégaux avec les deux faces qui déterminent cette arête, et qui, par son développement complet sur un cristal rhomboédrique homoèdre, donnerait lieu à un scalénoèdre obtus. Le seul cristal sur lequel j'aie observé cette modification, aussi rare que la précédente, semble prouver qu'elle n'existe que d'un seul côté à la fois de l'arête modifiée ; on doit donc aussi la considérer comme déterminant un hémiscalénoèdre.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
b^5.	$(b^1 b^{\frac{1}{4}} h^{\frac{1}{6}})$ hémièdre.

Le remarquable cristal *fig.* 22, *Pl. I*, intéressant pour ses enchevêtrements et pour les sutures qu'il offre sur trois de ses arêtes verticales, porte encore, sur une des arêtes culminantes du rhomboèdre primitif, une petite face étroite, mais bien déterminable, dont les incidences diffèrent notablement de celles de b^3, et qui se rapportent parfaitement au scalénoèdre obtus b^5 ; cette face, hémièdre comme les deux précédentes, est aussi rare qu'elles, et n'a été trouvée que sur le cristal *fig.* 22.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$d^{\frac{17}{10}}$.	$(b^{\frac{7}{10}} b^{\frac{7}{17}} h^1)$ hémièdre.

Un cristal d'améthyste du Brésil, dont les faces $e^{\frac{1}{2}}$ ont presque totalement disparu, par suite du développement excessif du rhomboèdre p, m'a offert, sur une des arêtes latérales de ce rhomboèdre, une face large, unie et suffi-

samment miroitante, pour qu'on puisse répondre de ses incidences, à quelques minutes près ; aussi, quoique le symbole hexagonal écrit ci-dessus soit un peu compliqué, j'ai dû l'adopter pour ne pas trop m'écarter des angles observés. Quant au signe rhomboédrique correspondant, il ne présente rien d'extraordinaire ; car j'ai démontré l'existence très-probable du rhomboèdre $e^{\frac{10}{17}}$, et il est facile de voir que, sur un cristal dont un plan p supérieur serait tourné vers l'observateur, il y aurait zone entre une face p postérieure, le rhomboèdre inverse $e^{\frac{10}{17}}$ et l'hémiscalénoèdre $d^{\frac{17}{10}}$, situé sur l'arête latérale primitive adjacente à ce rhomboèdre.

Cette modification est, du reste, très-rare, et je ne l'ai jamais rencontrée que sur le cristal que je viens de citer.

Lévy a figuré, dans l'atlas de sa *Description d'une collection de minéraux formée par M. Heuland,* une double face homoèdre, située, comme celle-ci, sur une arête latérale du rhomboèdre primitif, et appartenant par conséquent à un hémiscalénoèdre aigu. Le symbole $d^{\frac{3}{2}}$ qu'il lui assigne est beaucoup plus simple que le mien ; mais comme je me suis assuré, en consultant les notes qui ont servi à la publication de l'ouvrage de Lévy, que ce symbole a été obtenu, à l'aide de mesures approximatives prises au goniomètre d'application, sur de petits cristaux à faces arrondies des îles Féroë, il n'est peut-être pas impossible que les deux modifications $d^{\frac{17}{10}}$ et $d^{\frac{3}{2}}$ n'en fassent réellement qu'une. On sait aussi, d'après le Mémoire de M. Rose, que les cristaux des Féroë portent quelquefois en même temps le plagièdre x droit et gauche ; l'homoédrie de la face $d^{\frac{3}{2}}$, figurée par Lévy, n'a donc rien d'étonnant, puisque ces cristaux sont généralement, comme les améthystes incolores de l'Uruguay, composés d'un individu droit et d'un individu gauche.

3°. Hémiscalénoèdres placés d'une manière quelconque sur les angles latéraux du rhomboèdre primitif.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$D = (d^1 d^{\frac{1}{4}} b^{\frac{3}{14}})$.	$(b^{\frac{1}{9}} b^{\frac{1}{17}} h^1)$.
$D_1 = (b^{\frac{1}{8}} d^1 d^{\frac{3}{20}})$.	$(b^{\frac{1}{17}} b^{\frac{1}{27}} h^1)$.

Ces deux modifications se sont rencontrées dans un petit cristal limpide du Brésil, où elles forment une double troncature sur l'arête d'intersection d'une face e^2 antérieure et d'un rhomboèdre $e^{\frac{11}{6}}$ placé à droite de cette face; les quatre plans e^2, D_1, D, $e^{\frac{11}{6}}$ paraissant appartenir à une même zone, et le peu d'éclat de D_1 et de D ne permettant pas de mesurer très-exactement leurs incidences, c'est en admettant cette zone et en prenant la moyenne de plusieurs observations, que j'ai calculé les symboles que je viens d'écrire.

Le cristal qui porte les modifications D et D_1 offre en même temps sur une de ses arêtes, et précisément au-dessous de ces modifications, deux faces de l'hémiprisme dodécagone $k_8 = (b^{\frac{1}{7}} d^1 d^{\frac{1}{6}})$.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\omega = (d^1 d^{\frac{1}{16}} b^{\frac{1}{15}})$.	$(b^{\frac{2}{15}} b^{\frac{1}{8}} h^1)$ hémièdre.

Cette face, en zone entre le rhomboèdre inverse $e^{\frac{5}{3}}$ et une face verticale e^2, placée tantôt à droite, tantôt à gauche de ce rhomboèdre, s'est trouvée sur plusieurs cristaux de Carrare. Les *fig.* 32, *Pl. I*, et *fig.* 64, *Pl. II*, représentent deux de ces cristaux; le premier a fourni des mesures suffisamment exactes pour confirmer l'existence du rhomboèdre $e^{\frac{5}{3}}$, observé sur d'autres cristaux dont j'ai parlé précédemment, et pour assurer le symbole de ω qui a été adopté ici.

La face ω ou une face tout à fait analogue se rencontre assez souvent sur des cristaux de Carrare, sans qu'on puisse mesurer ses incidences, pas plus que celles du rhomboèdre avec lequel elle fait zone, à cause de leur peu d'éclat. Comme il est certain que les cristaux de cette localité offrent souvent, au lieu de $e^{\frac{5}{3}}$, son voisin $e^{\frac{13}{8}}$, il est possible qu'il existe aussi entre $e^{\frac{13}{8}}$ et e^2 une face ayant pour symbole $\omega_1 = (d^1 d^{\frac{1}{14}} d^{\frac{1}{13}})$.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\psi = (d^1 d^{\frac{1}{6}} b^{\frac{3}{16}})$.	$(b^{\frac{1}{19}} b^{\frac{1}{3}} h^1)$ hémièdre.

Le remarquable cristal *fig.* 20 offre, sur trois arêtes alternes, une face en zone entre le rhomboèdre direct $e^{\frac{7}{2}}$ et la face prismatique e^2, située à gauche de ce rhomboèdre. La modification ψ se montre en troncature très-étroite, dont les incidences sont cependant assez faciles à mesurer; je ne l'ai rencontrée que sur le cristal *fig.* 20, qui vient probablement d'Ala et qui fait partie de la collection du Muséum.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
? $\zeta = (d^1 d^{\frac{2}{13}} b^{\frac{9}{37}})$.	$(b^{\frac{1}{92}} b^{\frac{1}{99}} h^{\frac{1}{61}})$ hémièdre.

Le même cristal *fig.* 20 offre entre les rhomboèdres, bien déterminables par leurs incidences $e^{\frac{7}{2}}$ et $e^{\frac{13}{10}}$, une bordure très-étroite, qui, à l'œil, paraît dans la zone formée par l'intersection de ces deux rhomboèdres; mais le peu d'éclat de cette bordure et les fines stries horizontales qui couvrent $e^{\frac{13}{10}}$ s'opposant à ce qu'on puisse vérifier sur le goniomètre l'exactitude de la zone $e^{\frac{13}{10}}\,\zeta\,e^{\frac{7}{2}}$, on est conduit, en considérant les signes inadmissibles de ζ qu'exigerait cette zone, et que j'ai écrit ci-dessus, à penser, comme je l'ai déjà dit, que certaines zones peuvent paraître exactes à

l'œil, sans être géométriquement rigoureuses. S'il en est ainsi dans le cas qui nous occupe, on peut essayer, pour le signe rhomboédrique de ζ, plusieurs simplifications, dont la plus remarquable consiste à prendre la notation $(d^1\, d^{\frac{1}{6}}\, b^{\frac{1}{4}})$, qui est précisément celle d'un isocéloèdre aigu, ayant pour symbole hexagonal $a^{\frac{3}{5}}$, et dont les incidences calculées ne diffèrent de l'observation que d'une quantité rentrant dans les limites des erreurs possibles.

La simplicité de ce résultat porterait à croire que la face ζ appartient en réalité à un hémi-isocéloèdre, formant une zone très-approchée avec les rhomboèdres $e^{\frac{7}{2}}$ et $e^{\frac{13}{10}}$.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
? $\zeta_1 = (d^1\, d^{\frac{8}{53}}\, b^{\frac{1}{4}})$.	$(b^{\frac{1}{8}}\, b^{\frac{1}{9}}\, h^{\frac{5}{29}})$ hémièdre.

Le cristal *fig.* 20 porte encore, au-dessus de la face ζ, une petite bordure analogue à la précédente, mais qui paraît faire zone entre les rhomboèdres $e^{\frac{7}{2}}$ et $e^{\frac{11}{9}}$. Les symboles de ζ_1, dans le système rhomboédrique comme dans le système hexagonal, sont plus simples que ceux de ζ, supposé dans la zone $e^{\frac{13}{10}}\, e^{\frac{7}{2}}$, et peuvent, à la rigueur, être admis ; cependant comme l'exactitude de la zone $e^{\frac{11}{9}}\, \zeta_1\, e^{\frac{7}{2}}$ ne se vérifie pas mieux que celle de la zone $e^{\frac{13}{10}}\, \zeta\, e^{\frac{7}{2}}$, il serait également possible que la bordure ζ_1 ne formât qu'une zone approximative, et que son symbole fût susceptible de quelques simplifications. Si l'on essaye le signe $(d^1\, d^{\frac{2}{13}}\, b^{\frac{1}{4}})$, dont le correspondant hexagonal est $(b^{\frac{7}{10}}\, b^{\frac{7}{11}}\, h^1)$, on obtient des incidences calculées qui ne s'éloignent pas encore trop de l'observation directe, et s'il était permis de substituer au rhomboèdre $e^{\frac{11}{9}}$ le rhomboèdre $e^{\frac{5}{4}}$, inverse de $e^{\frac{7}{2}}$, dont j'ai signalé précédemment l'existence probable, on aurait une

zone formée par les trois faces $e^{\frac{5}{4}}$, $\zeta_1 = (d^1 d^{\frac{2}{13}} b^{\frac{1}{4}})$ et $e^{\frac{7}{2}}$; la seule considération qui s'oppose à l'adoption de cette hypothèse, c'est que l'inclinaison de $e^{\frac{11}{9}}$ sur $e^{\frac{7}{2}}$ s'est mesurée d'une manière trop nette, pour qu'on puisse faire abstraction de la différence de près de 1 degré qui existe entre cette incidence et l'inclinaison correspondante de $e^{\frac{5}{4}}$.

Si l'on voulait avoir un symbole encore plus simple, on pourrait prendre $\zeta_1 = (d^1 d^{\frac{1}{7}} b^{\frac{1}{4}})$; mais les incidences qu'on déduit de cette expression s'éloignent trop des nombres observés, et le rhomboèdre $e^{\frac{8}{7}}$, qui ferait zone avec cette nouvelle valeur de ζ_1 et avec $e^{\frac{7}{2}}$, rencontre $e^{\frac{1}{2}}$ sous un angle trop différent de l'inclinaison de $e^{\frac{11}{9}}$, pour qu'on puisse le substituer à ce dernier.

On peut donc dire que, pour la face ζ_1, le mieux paraît être de s'en tenir, soit au premier signe assez compliqué $(d^1 d^{\frac{8}{53}} b^{\frac{1}{4}})$, qui satisfait à la zone $e^{\frac{11}{9}}\ e^{\frac{7}{2}}$, soit au second signe $(d^1 d^{\frac{2}{13}} b^{\frac{1}{4}})$, qui ne forme qu'une zone approximative entre ces deux rhomboèdres.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
ȣ $= (b^{\frac{1}{11}} d^1 d^{\frac{1}{4}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{4}} h^{\frac{1}{2}})$ hémiédre.

La *fig.* 44, *Pl. II*, représente un petit cristal chlorité du Valais, qui offre entre la face rhombe *s* et le rhomboèdre $e^{\frac{7}{2}}$, une petite bordure étroite, mais mensurable, placée exactement dans la zone de ces deux faces; on voit que cette nouvelle modification, rencontrée seulement sur ce cristal, s'exprime par un symbole très-simple, qui établit un accord suffisant entre les angles calculés et les angles observés; la face ȣ me paraît donc tout à fait assurée.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$R = (d^1 d^{\frac{3}{4}} b^{\frac{3}{5}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{8}} h^{\frac{1}{2}})$ hémièdre.

Certains cristaux du Brésil, analogues à celui qui est représenté *fig.* 57, *Pl. II*, offrent quelquefois une face arrondie, dont les incidences se rapprochent de celles de ρ, mais qui ne fait pas partie de la zone $p\,s\,e^2$; cette face est en bordure entre le rhombe s et le rhomboèdre assez bien déterminable $e^{\frac{13}{8}}$; le symbole fort simple qui exprime sa position, conduit à des nombres suffisamment voisins de l'observation, et ne peut guère laisser d'incertitude sur son existence.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
? $\Phi = (b^{\frac{1}{5}} d^1 d^{\frac{5}{11}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{5}} h^{\frac{2}{3}})$ hémièdre.

Le cristal *fig.* 35, qui présente une hémitropie et une disposition de faces très-remarquable que j'ai déjà décrites en détail, en parlant du plagièdre q, semble indiquer l'existence d'une nouvelle face située dans une zone opposée à celle dont R fait partie; en effet, les incidences des deux modifications Φ et R sont très-voisines les unes des autres; mais aucun des moirages qu'on remarque sur le rhomboèdre subordonné $e^{\frac{17}{7}}$ ne se trouve placé de manière à faire croire que la face Φ soit une face R retournée par suite de quelque enchevêtrement peu visible; parmi les divers agencements qu'à défaut de signes de reconnaissance bien positifs on peut assigner aux faces du cristal *fig.* 35, le plus simple est aussi celui que j'ai indiqué sur mon dessin.

Le rhomboèdre $e^{\frac{13}{8}}$ ayant pour inverse $e^{\frac{5}{2}}$, une face qui serait rigoureusement l'inverse de R appartiendrait à la zone $s\,e^{\frac{5}{2}}$; mais, d'une part, son symbole serait notablement plus compliqué que celui de Φ, et, d'autre part, le

rhomboèdre $e^{\frac{17}{7}}$ se mesure assez nettement pour qu'on ne puisse pas le confondre avec $e^{\frac{5}{2}}$.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\Omega = (d^1 d^{\frac{1}{18}} b^{\frac{1}{12}})$.	$(b^{\frac{1}{6}} b^{\frac{2}{13}} h^1)$ hémièdre.

J'ai trouvé sur le cristal de Carrare *fig.* 67, *Pl. II*, une face terne qui, au premier coup d'œil, semble faire suite au prisme symétrique k_9, mais qui s'en distingue bien par les mesures directes; cette face paraît être en zone entre le rhomboèdre $e^{\frac{13}{5}}$ et le prisme e^2 qui se trouve à sa droite; elle appartient donc à la zone $e^{\frac{13}{5}} x e^2$ reconnue par M. Rose; son symbole a été calculé de manière à satisfaire à cette zone et à fournir les incidences le plus rapprochées possible de l'observation.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\alpha = (d^1 d^{\frac{22}{27}} b^{\frac{11}{34}})$.	$(b^{\frac{1}{70}} b^{\frac{1}{5}} h^1)$ hémièdre.

J'ai rencontré cette nouvelle facette sur plusieurs cristaux du Haut-Valais en zone entre une face verticale e^2 et le plagièdre x, situé tantôt à droite, tantôt à gauche de cette face (*fig.* 37 et 40, *Pl. II*). Cette zone est donc la même que la zone $e^2 x e^{\frac{11}{4}}$ du cristal *fig.* 1. Le cristal *fig.* 40 est celui qui m'a offert la modification α la plus nette et la mieux développée. Son incidence sur e^2 s'est mesurée avec une telle précision, que, pour ne pas m'éloigner des nombres observés, j'ai dû adopter le signe rhomboédrique écrit ci-dessus, malgré sa complication apparente; on remarquera, du reste, que le symbole hexagonal correspondant est fort simple. Le seul signe rhomboédrique moins compliqué qu'on pourrait assigner à α, serait $(d^1 d^{\frac{4}{5}} b^{\frac{5}{11}})$; mais, d'une part, le correspondant hexagonal de ce signe est $(b^{\frac{1}{64}} b^{\frac{1}{5}} h^1)$, moins simple que le premier, et, d'autre part, l'incidence de α sur e^2 qu'on en déduit, offre avec l'inci-

dence observée une différence de 18 minutes, que la netteté de α ne permet pas d'admettre.

Il est donc impossible ici de ne pas reconnaître qu'il existe des faces parfaitement déterminées, dont la notation ne peut pas s'exprimer par des rapports aussi simples que le supposaient les lois primitivement établies par Haüy; on conçoit bien, au surplus, qu'il en doive être ainsi, et à mesure que les observations se multiplieront, avec des moyens d'investigation plus précis, on devra trouver, comme on l'a déjà fait pour certaines relations générales de la chimie et de la physique, qu'entre les nombres simples servant à fixer la position des faces des cristaux les plus ordinaires, et par conséquent les plus faciles à reconnaître, il y a place pour des nombres un peu plus compliqués, se rapportant en général à des modifications rares, peu développées, ou particulières à un petit nombre de localités.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\Delta = (b^{\frac{1}{9}} d^1 d^{\frac{1}{6}})$.	$(b^{\frac{2}{5}} b^{\frac{1}{5}} h^1)$ hémièdre.

Les deux cristaux de Carrare *fig.* 41 et 62, *Pl. II*, m'ont offert cette face dans la même zone que la précédente, mais avec des incidences entièrement opposées, puisqu'ici la plus grande inclinaison a lieu sur le plagièdre x; la bordure formée par Δ, entre x et e^2, est très-étroite, et sa mesure est assez difficile; cependant la zone dont elle fait partie pouvant être constatée sur le goniomètre, et la simplicité de son symbole ne laissant rien à désirer, son existence ne saurait être contestée.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\Pi_1 = (b^{\frac{3}{11}} d^1 d^{\frac{3}{4}})$	([illegible] $b^{\frac{1}{14}} h^{\frac{1}{4}}$) hémièdre.

Cette modification, trouvée seulement sur un cristal incolore du Valais, forme une bordure étroite, mais mensurable, entre le rhomboèdre $e^{\frac{7}{2}}$ et le plagièdre x, dans la zone latérale $e^{\frac{1}{2}}$ $e^{\frac{7}{2}}$ x.

Signe rhomboédrique. $\Xi = (b^{\frac{5}{13}} d^1 d^{\frac{5}{6}})$.

Signe hexagonal. $(b^1 b^{\frac{1}{18}} h^{\frac{1}{2}})$ hémièdre.

Cette intéressante modification ne s'est présentée que sur un gros cristal du Brésil, représenté *fig.* 2, *Pl. I;* les faces du prisme vertical e^2 sont remplacées, sur ce cristal, par celles de deux rhomboèdres excessivement aigus : l'un, parallèle au primitif, ayant pour symbole $e^{\frac{9}{4}}$, l'autre, inverse, et s'exprimant par $e^{\frac{5}{3}}$. Ce remplacement du prisme par une combinaison de deux rhomboèdres très-aigus est un fait très-commun dans les cristaux du Brésil; il en résulte que lorsque le rhombe s et le plagièdre x existent sur ces cristaux, l'intersection $\frac{s}{x}$ n'est plus parallèle à celle de x, sur le rhomboèdre qui remplace e^2; seulement il y a de ces rhomboèdres si peu différents du prisme vertical, que le défaut de parallélisme de ces lignes d'intersection peut à peine être saisi à l'œil, surtout lorsqu'elles sont un peu courtes, et qu'une mesure directe au goniomètre de réflexion peut seule avertir que la zone habituelle $e^{\frac{1}{2}}\ s\ x\ e^2$, n'a pas lieu sur le cristal qu'on examine.

La plupart des cristaux du Brésil que je me suis procurés à Londres, étant trop gros pour être montés sur un goniomètre de réflexion ordinaire, j'ai eu recours, pour déterminer leurs modifications, à un artifice qui réussit très-bien lorsque les faces des cristaux sont suffisamment brillantes, et qui consiste simplement à couvrir de cire d'Espagne fondue le bord des plans dont on veut prendre l'inclinaison ; on peut obtenir ainsi, pourvu que ces plans ne soient pas par trop étroits, des empreintes parfaitement nettes, et qui se mesurent avec la même exactitude que les cristaux eux-mêmes. C'est par ce moyen que j'ai constaté l'existence de la zone $x\ \Xi\ e^{\frac{9}{4}}$ et les incidences de Ξ; cette face, quoique un peu arrondie, se mesure assez bien, et le symbole que

j'ai adopté est le plus simple dans les systèmes rhomboédrique et hexagonal qui satisfasse à la zone $x\ e^{\frac{9}{4}}$, en fournissant des angles calculés, très-voisins de l'observation.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$z_1 = (b^{\frac{5}{17}} d^1 d^{\frac{8}{6}})$.	$(b^1 b^{\frac{5}{33}} h^{\frac{10}{11}})$ hémièdre.

Le petit cristal du Brésil *fig.* 42, *Pl. II*, porte, dans la zone $x e^{\frac{11}{5}}$, au-dessus de la face z, dont je vais parler tout à l'heure, une seconde face z_1, dont les incidences se mesurent assez nettement, pour qu'une fois la zone admise entre x et le rhomboèdre $e^{\frac{11}{5}}$, il n'y ait pas d'hésitation sur le choix du symbole qui doit la représenter : celui que j'ai adopté ici n'est pas par trop compliqué; on peut cependant le joindre au signe de α, comme un nouvel exemple de relations moins simples que celles admises par Haüy.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$z = (b^{\frac{3}{8}} d^1 d^{\frac{27}{34}})$	$(b^{\frac{1}{7}} b^{\frac{1}{99}} k^{\frac{1}{11}})$ hémièdre.

ou bien :

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$(b^{\frac{5}{18}} d^1 d^{\frac{9}{11}})$.	$(b^{\frac{1}{6}} b^{\frac{1}{81}} h^{\frac{2}{17}})$ hémièdre.

Le gros cristal du Brésil *fig.* 3, *Pl. I*, offre la face z étroite, brillante, mais légèrement arrondie, de sorte que ses incidences ne peuvent être prises qu'approximativement. Cette face s'est retrouvée sur deux autres petits cristaux du Brésil, dont l'un est représenté *fig.* 42, *Pl. II*; comme je vais le dire plus bas, en décrivant la zone $x\Sigma$ du cristal *fig.* 3, le rhomboèdre $e^{\frac{11}{5}}$ ayant été choisi pour faire partie de cette zone, on est conduit, malgré les incidences un peu faibles qu'il fournit, à l'admettre également sur le cristal *fig.* 42; la modification z n'offre donc pas d'incertitude sur la zone où elle doit entrer; son symbole seul peut subir quelques variations, en restant dans les limites des erreurs

possibles de l'observation. Le premier signe $z = (b^{\frac{3}{8}} d^1 d^{\frac{27}{34}})$ peut s'écrire $(b^{\frac{1}{8}} d^{\frac{1}{3}} d^{\frac{9}{34}})$; il est donc un peu moins compliqué que le second; $z = (b^{\frac{1}{13}} d^{\frac{1}{4}} d^{\frac{9}{55}})$; le signe hexagonal correspondant à $(b^{\frac{1}{8}} d^{\frac{1}{3}} d^{\frac{9}{34}})$ est aussi un peu plus simple que celui qui correspond à $(b^{\frac{1}{13}} d^{\frac{1}{4}} d^{\frac{9}{55}})$; de plus, la moyenne des incidences mesurées directement se rapproche plus des nombres obtenus par le calcul de la première expression que par le calcul de la seconde; tout porte donc à croire que la véritable notation de z est $(b^{\frac{3}{8}} d^1 d^{\frac{27}{34}})$.

Dans tous les cas, qu'on adopte l'un ou l'autre de ces symboles, il est évident que la position de la face z sur le rhomboèdre primitif sera, comme celle des faces α et z_1, exprimée par des rapports beaucoup plus compliqués que ceux qu'on admettait habituellement jusqu'ici.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\Sigma = (b^{\frac{2}{5}} d^1 d^{\frac{6}{7}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{21}} h^{\frac{1}{2}})$ hémièdre.

J'ai rencontré cette face sur deux cristaux du Brésil, l'un incolore, de 17 centimètres de hauteur sur 12 centimètres de diamètre, représenté *fig.* 3, *Pl. I*; l'autre jaunâtre et beaucoup moins gros : l'observation ne m'ayant donné pour Σ et pour le rhomboèdre qui forme zone avec cette face et avec le plagièdre x, que des mesures un peu incertaines, j'ai eu à choisir entre deux zones et deux symboles différents de Σ. En effet, si le rhomboèdre direct qui fait partie de la zone $x\Sigma$ était $e^{\frac{13}{6}}$, la face Σ aurait pour notation rhomboédrique $(b^{\frac{2}{5}} d^1 d^{\frac{11}{13}})$; mais si le rhomboèdre est $e^{\frac{11}{6}}$, le signe de Σ sera $(b^{\frac{2}{5}} d^1 d^{\frac{6}{7}})$. Or, la mesure directe de l'inclinaison du rhomboèdre sur p se rapporte mieux à $e^{\frac{13}{6}}$ qu'à son voisin $e^{\frac{11}{6}}$; mais comme le signe hexagonal corres-

pondant à la première notation de Σ est $(b^{\frac{1}{4}} b^{\frac{1}{77}} h^{\frac{1}{7}})$, difficilement admissible, il m'a semblé préférable d'adopter pour Σ le signe simple $(b^{\frac{2}{5}} d^1 d^{\frac{6}{7}})$, et la zone $x\, \Sigma\, c^{\frac{11}{5}}$.

Je ferai remarquer que les quatre faces Ξ, z_1, z et Σ jouent, par rapport à x et à un rhomboèdre très-aigu, le même rôle que la face R, décrite précédemment, par rapport au rhombe s et à un rhomboèdre inverse; ces zones, entre une face très-commune sur tous les cristaux de quartz et un rhomboèdre aigu qui remplace le prisme hexagonal e^2, sont jusqu'ici tout à fait particulières à quelques échantillons du Brésil. La face suivante est, en effet, la seule que j'aie rencontrée sur un cristal qui ne vient pas de cette localité.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\Sigma_1 = (b^{\frac{18}{43}} d^1 d^{\frac{6}{7}})$.	$(b^1 b^{\frac{3}{61}} h^{\frac{3}{4}})$ hémièdre.

Cette modification, qui forme une petite bordure assez nette, en zone, entre x et le rhomboèdre $e^{\frac{31}{15}}$, très-voisin du prisme hexagonal, s'est présentée sur un cristal limpide d'une localité inconnue; la zone dont elle fait partie est facile à constater à l'œil aussi bien que sur le goniomètre, et comme ses incidences se mesurent assez exactement, on ne peut guère choisir un autre symbole que celui qui a été adopté ici, malgré la complication de ses rapports.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\chi = (b^{\frac{1}{46}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{41}} h^{\frac{1}{37}})$ hémièdre.

Cette face est la plus inclinée sur le rhomboèdre primitif de toute une série d'intéressantes modifications situées dans la zone $p\, x$; elle est aussi la plus rare de cette série, car je ne l'ai vue que sur le très-gros cristal du Brésil *fig.* 3.

L'inclinaison de χ sur p, déterminée au moyen d'une empreinte en cire d'Espagne, s'accorde parfaitement avec le calcul du symbole que j'ai adopté et qui est fort simple.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\chi_1 = (b^{\frac{1}{20}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{21}} h^{\frac{1}{17}})$ hémièdre.

Cette seconde face de la zone $p \chi x$, s'est trouvée sur le cristal enfumé gigantesque de Sibérie *fig.* 31, *Pl. I*, sur plusieurs cristaux du Brésil, dont le plus remarquable est représenté *fig.* 43, *Pl. II*, et sur le cristal limpide ressemblant à ceux du Dauphiné, que j'ai déjà cité pour le rhomboèdre $e^{\frac{31}{15}}$ et pour la modification Σ_1; elle est la plus commune des faces de cette zone, et par conséquent sa mesure a pu être prise plusieurs fois avec assez d'exactitude. La moyenne générale de six observations donne un nombre qui ne diffère que de 4 minutes du nombre calculé à l'aide du symbole adopté ci-dessus; on remarquera aussi que ce symbole offre un rapport simple avec celui de χ.

La face analogue à χ_1, citée sans mesures par M. Rose, et dont j'ai déjà dit un mot page 174, serait exprimée, d'après M. Wakkernagel, par le signe rhomboèdrique $(b^{\frac{1}{18}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$; mais ce signe conduit à une inclinaison sur p, trop différente de la moyenne de mes observations pour pouvoir être adopté.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\chi_2 = (b^{\frac{1}{10}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{11}} h^{\frac{1}{7}})$ hémièdre.

Cette troisième face de la zone $p\,x$ n'a été observée que sur le beau cristal à double sommet du Brésil, représenté *fig.* 43, *Pl. II*; mais son inclinaison sur p a pu être prise avec assez d'exactitude, et elle conduit sans hésitation au symbole $(b^{\frac{1}{10}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$, qui se trouve encore en rapport simple avec ceux des faces précédentes χ et χ_1.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\chi_3 = (b^{\frac{3}{20}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$.	$(b^1 b^{\frac{3}{23}} h^{\frac{3}{11}})$ hémièdre.

Cette dernière face, qui fait encore partie de la zone $p\,x$,

a été trouvée en bordure très-étroite sur des cristaux limpides rapportés dernièrement par M. Hugard, de Pfitsch, en Tyrol. Le symbole que j'ai adopté ici, quoique un peu compliqué, offre pourtant encore une relation assez simple avec celui de la face χ_1 ; mais si l'on veut n'attacher à cette relation qu'une importance très-secondaire, on pourra admettre le signe rhomboédrique $(b^{\frac{5}{32}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$, ayant pour correspondant hexagonal $(b^1 b^{\frac{5}{37}} h^{\frac{1}{17}})$, et offrant l'avantage de conduire à des incidences calculées, qui diffèrent seulement de 2 minutes de la moyenne des observations.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\varphi = (b^{\frac{1}{8}} d^1 d^{\frac{2}{5}})$.	$(b^1 b^{\frac{1}{6}} h^{\frac{1}{3}})$ hémièdre.

J'ai observé cette face intéressante sur les deux petits cristaux représentés *fig.* 24, *Pl. I*, et *fig.* 44, *Pl. II*; sur ce dernier, elle se présente dans deux positions différentes : dans l'une, elle paraît presque faire zone entre p et u ; dans l'autre, elle forme une bordure étroite, en zone entre le plagièdre supérieur $t = (d^1 d^{\frac{2}{11}} b^{\frac{1}{2}})$ et le rhomboèdre direct $e^{\frac{7}{3}}$. La plupart des incidences de cette modification ayant pu être déterminées avec une grande exactitude, j'ai d'abord cherché le symbole qui lui convenait en satisfaisant à cette dernière zone, et la seule inspection de ce symbole m'a fait voir que la face φ se trouvait encore comprise dans la zone formée par les faces p et $y = (b^{\frac{1}{5}} d^1 d^{\frac{2}{5}})$, plagièdre de la zone $e^{\frac{1}{2}} s e^2$, infiniment plus rare que x. Ce plagièdre n'existe pas sur le cristal *fig.* 24, et il est si faiblement indiqué sur le second cristal *fig.* 44, où φ se rencontre, que son inclinaison sur la face $e^{\frac{1}{2}}$ de sa zone est difficile à mesurer exactement, et qu'il est impossible de constater directement la zone $p\varphi y$.

On remarquera aussi, d'après la forme de l'expression $\varphi = (b^{\frac{1}{8}} d^1 d^{\frac{2}{5}})$, qu'il y aurait une autre zone entre une face

inférieure du rhomboèdre primitif p, la face φ et le plagièdre $u = (b^{\frac{1}{8}} d^1 d^{\frac{1}{4}})$; mais cette troisième zone n'a pas été observée.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$i = (d^1 d^{\frac{4}{5}} b^{\frac{6}{13}})$.	$(b^{\frac{1}{38}} b^{\frac{1}{3}} h^1)$ hémièdre.

La face i se rencontre assez fréquemment sur des cristaux limpides ou enfumés du Haut-Valais ; placée d'une manière analogue à la face α, décrite précédemment, elle fait zone entre une face verticale e^2 et le plagièdre u, situé à droite ou à gauche de cette face (*fig.* 26, *Pl. I*, et *fig.* 46 et 47, *Pl. II*). Cette modification fait donc partie de la zone $e^{\frac{7}{2}} u e^2$, citée par M. Rose ; elle est, en général, assez nette pour qu'il soit facile de constater l'exactitude de cette zone. La mesure de ses incidences n'a, du reste, laissé aucun doute sur le symbole qui devait exprimer sa position.

Signe rhomboédrique	Signe hexagonal.
$i_1 = (d^1 d^{\frac{6}{7}} b^{\frac{9}{19}})$.	$(b^{\frac{1}{56}} b^{\frac{1}{3}} h^1)$ hémièdre.

La face i_1, beaucoup moins commune que la précédente, fait aussi partie de la zone $e^2 u e^{\frac{7}{2}}$; je ne l'ai trouvée que sur deux petits cristaux du Valais, dont l'un, représenté *fig.* 48, *Pl. II*, appartient à M. Adam ; mais ses incidences ont pu être prises avec assez d'exactitude pour qu'on doive la distinguer de la face i.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$i_2 = (d^1 d^{\frac{10}{11}} b^{\frac{15}{31}})$.	$(b^{\frac{1}{92}} b^{\frac{1}{3}} h^1)$ hémièdre.

Cette troisième face, qui se trouve encore dans la même zone $e^2 u e^{\frac{7}{2}}$ que les deux précédentes, nous ramène aux symboles compliqués sur lesquels j'ai présenté quelques considérations à propos des faces α, z_1, z, etc., et comme elle s'est offerte sur plusieurs cristaux du Valais (*fig.* 49, *Pl. II*), avec des incidences constantes, faciles à mesurer, et notablement différentes de celles de i_1, il est certain qu'on ne pourrait, sans s'écarter entièrement de l'observation

directe, lui trouver une notation plus simple que celle qui a été adoptée ici.

Signe rhomboédrique. — Signe hexagonal.

$\Pi = (b^{\frac{1}{6}} d^{1} d^{\frac{3}{8}})$. — $(b^{1} b^{\frac{5}{21}} h^{\frac{5}{7}})$ hémièdre.

Je n'ai rencontré cette face que sur deux cristaux du Valais, dont un est représenté *fig.* 25, *Pl. I*; elle forme, dans la même zone que les trois précédentes, une bordure étroite entre $e^{\frac{1}{2}}$ et u. La mesure de ses incidences est assez difficile à prendre très-exactement; cependant j'y suis parvenu en cherchant à constater l'existence de la zone; la simplicité du signe rhomboédrique satisfaisant à cette zone, qui se déduit de la moyenne des observations, prouve d'ailleurs que je n'ai pas dû m'écarter beaucoup de la véritable valeur de ces incidences : on voit que la face Π occupe entre $e^{\frac{1}{2}}$ et u une position tout à fait analogue à celle de Π_1 citée précédemment entre $e^{\frac{1}{2}}$ et x.

Signe rhomboédrique. — Signe hexagonal.

$\Upsilon = (b^{\frac{1}{\bar{7}2}} d^{1} d^{\frac{1}{4}})$. — $(b^{\frac{1}{8}} b^{\frac{1}{73}} h^{\frac{1}{67}})$ hémièdre.

Cette face s'est rencontrée sur deux cristaux du Haut-Valais avec des incidences un peu incertaines; parmi les mesures que j'en ai obtenues, j'ai choisi de préférence celles qui conduisaient à un symbole offrant un rapport simple avec le signe des faces suivantes, beaucoup plus faciles à déterminer exactement.

Signe rhomboédrique. — Signe hexagonal.

$\Upsilon_1 = (b^{\frac{1}{36}} d^{1} d^{\frac{1}{4}})$. — $(b^{\frac{1}{3}} b^{\frac{1}{37}} h^{\frac{1}{3\bar{1}}})$ hémièdre.

La face Υ_1 s'est présentée sur le cristal du Valais *fig.* 26, *Pl. I*, avec une si grande netteté, qu'il n'y a pas eu un instant d'hésitation sur la zone pu, dont elle fait partie, ni sur le symbole qu'on devait lui assigner.

Signe rhomboédrique. — Signe hexagonal.

$\Upsilon_2 = (b^{\frac{1}{\bar{1}2}} d^{1} d^{\frac{1}{4}})$. — $(b^{\frac{1}{3}} b^{\frac{1}{13}} h^{\frac{1}{7}})$ hémièdre.

Cette face, qui se trouve, comme la précédente, dans la

zone pu, s'est rencontrée sur des cristaux de Pfitsch, en Tyrol (*fig.* 45, *Pl. II*), sous la forme d'une très-petite troncature ; elle se distingue de sa voisine χ_3 par un éclat un peu plus vif, et surtout parce que, sur le goniomètre, la zone à laquelle elle appartient est trop facile à constater pour être confondue avec la zone $p \chi_3 x$.

Les signes cristallographiques des trois faces Υ, Υ_1, Υ_2, sont entre eux dans des rapports simples, de sorte qu'il existe entre ces trois faces et le plagièdre u la même relation que j'ai fait remarquer entre les faces χ, χ_1, χ_2 et le plagièdre x.

Il est assez intéressant de voir que le nombre des zones dans lesquelles se trouvent les trois plagièdres x, y, u, augmente en raison de l'importance que paraît posséder chacune de ces faces dans la cristallisation du quartz.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$x = (b^{\frac{7}{40}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$.	$(b^{\frac{1}{7}} b^{\frac{1}{54}} h^{\frac{1}{19}})$ hémièdre.

Le petit cristal du Valais *fig.* 44, *Pl. II*, déjà si riche en facettes nouvelles, m'a encore offert une petite bordure linéaire, qui paraît bien en zone entre le plagièdre θ et le rhomboèdre $e^{\frac{7}{2}}$; malgré le peu de largeur de cette bordure, on peut mesurer approximativement son inclinaison sur les deux faces qui l'entourent, et le seul symbole un peu simple qui satisfasse à la zone $\theta\, e^{\frac{7}{2}}$, en donnant des incidences calculées voisines de l'observation, est celui que j'ai adopté.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\Theta = (d^1 d^{\frac{15}{17}} b^{\frac{9}{16}})$.	$(b^{\frac{6}{175}} b^1 h^{\frac{3}{8}})$ hémièdre.

ou bien :

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\Theta = (d^1 d^{\frac{5}{6}} b^{\frac{6}{11}})$	$(b^{\frac{6}{85}} b^1 h^{\frac{6}{11}})$ hémièdre.

Cette face, pour laquelle il n'est pas possible de trouver un symbole hexagonal simple, s'est présentée sur un cristal incolore du Brésil avec assez de netteté pour qu'on puisse

s'assurer qu'elle n'appartient à aucun plagièdre, et qu'elle fait seulement partie de la zone latérale des deux rhomboèdres $e^{\frac{11}{4}}$ et $e^{\frac{5}{3}}$; on peut aussi répondre de plusieurs de ses incidences, mesurées soit directement sur le cristal, soit à l'aide d'empreintes en cire d'Espagne. Le premier symbole, malheureusement bien compliqué, est celui qui fournit les nombres les plus rapprochés de toutes les observations ; le second symbole, un peu plus simple, s'en éloigne, au contraire, d'une manière assez notable. Quant aux rhomboèdres entre lesquels la face Θ est comprise, l'un, $e^{\frac{5}{3}}$, est bien uni et se détermine sans difficulté ; l'autre, $e^{\frac{11}{4}}$, offre quelque incertitude dans sa mesure, et on pourrait peut-être le regarder comme $e^{\frac{13}{6}}$; mais si l'on adoptait ce changement, la zone $e^{\frac{5}{3}}\, e^{\frac{13}{6}}$ exigerait pour Θ un signe tout à fait inadmissible.

Il serait bien intéressant de retrouver cette face sur des cristaux plus petits que celui que j'ai eu entre les mains, car la détermination précise de toutes ses incidences permettrait d'établir un exemple frappant d'une notation très-compliquée.

Signe rhomboédrique.	Signe hexagonal.
$\Lambda = (d^{\frac{10}{17}}\, d^{\frac{7}{17}}\, b^1)$.	$(b^{\frac{1}{17}}\, b^{\frac{1}{63}}\, h^{\frac{1}{73}})$.

Cette modification, qui fait partie d'une zone déterminée par la face β et par une face e^2, ne s'est rencontrée que sur un seul cristal transparent, représenté *fig.* 70 *bis*, *Pl. III*. Ce cristal, qui m'a été communiqué par M. Fournet, provient du terrain dévonien de Neffiez, dans le Languedoc, où l'on trouve fréquemment des cristaux bipyramidés dont l'un des sommets offre les plans du rhomboèdre b^1 ternes, mais souvent très-développés.

Quoique le symbole hexagonal de Λ soit compliqué, j'ai cru devoir l'adopter, parce que c'est celui qui fournit les

angles calculés les plus rapprochés de l'observation directe, et parce que le signe rhomboédrique correspondant nous montre que cette face appartiendrait à une seconde zone formée par le rhomboèdre primitif p et par le rhomboèdre inverse $e^{\frac{10}{17}}$; si l'on faisait abstraction de ces deux considérations, on pourrait adopter le signe rhomboédrique $(d^{\frac{4}{7}} d^{\frac{2}{5}} b^1)$, ayant pour correspondant hexagonal $(b^{\frac{1}{3}} b^{\frac{1}{11}} h^{\frac{1}{13}})$.

Quoique le nombre des faces nouvelles décrites dans ce Mémoire s'élève à un total de cent vingt-huit, il est plus que probable que les observations futures en feront encore découvrir d'autres (1), et je n'ai pas la prétention d'avoir épuisé un sujet qui paraît beaucoup plus fécond qu'on ne l'avait supposé jusqu'à présent. Ce qui me semble digne de remarque dans les trente-deux faces isolées, qui, par une extension suffisante de leurs plans, formeraient des hémiscalénoèdres, situés d'une manière tout à fait arbitraire sur les angles solides du rhomboèdre primitif, c'est que ces faces sont toutes comprises dans une zone formée par deux modifications faciles à constater, et généralement assez communes dans la cristallisation du quartz.

M. Brooke a pourtant trouvé, sur des cristaux de sa collection, deux hémiscalénoèdres qui ne remplissent pas cette condition : l'un n, a pour signe rhomboédrique $(b^{\frac{2}{11}} b^{\frac{1}{7}} b^1)$; l'autre, δ, est exprimé par le symbole $(d^{\frac{1}{11}} d^{\frac{2}{19}} b^1)$. Mais ces deux faces sont excessivement rares, et je n'ai jamais eu l'occasion de les observer.

Voici maintenant le tableau comparatif des incidences calculées et des incidences observées directement; les inclinaisons mutuelles des faces y sont inscrites suivant l'ordre des diverses zones auxquelles ces faces appartiennent.

---

(1) Depuis la présentation de mon Mémoire à l'Institut, le nombre des faces nouvelles s'est déjà augmenté de neuf.

INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
Rhomboèdres directs.	
$pa^7 = 168° 28'$	168° 45′ à 169°
ou :	
$pa^{\frac{15}{2}} = 169° 12'$	
$pa^4 = 160° 38'$	"
$pe^{31} = 177° 23'$	17:° 26′ moy.
$pe^{26} = 176° 46'$	176° 34′ moy.
$pe^{23} = 176° 21'$	176° 6′ moy.
$pe^{20} = 175\ 48'$	175° 42′ moy.
$pe^{17} = 175° 3'$	175° 9′ moy.
$pe^{15} = 174° 21'$	174° 31′ moy.
$pe^{14} = 173° 59'$	173° 52′ moy.
$pe^{12} = 172° 59'$	173° 1′ moy.
$pe^{11} = 172° 21'$	172° 24′ moy.
$pe^{10} = 171° 35'$	171° 35′ moy.
$pe^8 = 169° 29'$	169° 32′ moy.
$pe^{\frac{13}{2}} = 167° 4'$	"
$pe^{\frac{11}{2}} = 164° 46'$	164° 46′ moy.
$pe^5 = 163° 16'$	"
$pe^{\frac{21}{5}} = 160° 12'$	160° 5′
$pe^{\frac{7}{2}} = 156° 29'$	"
$pe^3 = 152° 55'$	"
$pe^{\frac{29}{10}} = 152° 5'$	152° 11′ moy.
$pe^{\frac{31}{11}} = 151° 23'$	151° 20′
$pe^{\frac{11}{4}} = 150° 44'$	150° 45′
$pe^{\frac{8}{3}} = 149° 56'$	"
$pe^{\frac{13}{5}} = 149° 16'$	"
$pe^{\frac{5}{2}} = 148° 12'$	148° 5′
ou :	
$pe^{\frac{17}{7}} = 147\ 24'$	147° 24′ moy.
$pe^{\frac{7}{3}} = 146° 17'$	146° 25′ moy.
$pe^{\frac{9}{4}} = 145° 15'$	145° 16′ moy.
$pe^{\frac{11}{5}} = 144° 36'$	144° 2′ moy.
ou :	
$pe^{\frac{13}{6}} = 144° 9'$	
$pe^{\frac{31}{15}} = 142° 46'$	142° 40′
Rhomboèdres inverses.	
$e^{\frac{1}{2}} b^1 = 160° 38'$	"
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{10}{17}} = 176° 46'$	176° 45′
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{7}{11}} = 175° 3'$	175°
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{2}{3}} = 173° 59'$	173° 40′ moy.
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{5}{7}} = 172° 21'$	172° 34′ moy
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{3}{4}} = 171° 8'$	171° 20′ moy.
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{10}{13}} = 170° 30'$	170° 18′ moy.
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{4}{5}} = 169° 29'$	169° 13′ moy.
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{7}{8}} = 167° 4'$	167° 10′ moy.
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{14}{15}} = 165° 16'$	165° 19′ moy.
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{19}{20}} = 164° 46'$	164° 25′ moy
$e^{\frac{1}{2}} e^1 = 163° 16'$	"
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{20}{19}} = 161° 45'$	161° 45′
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{11}{10}} = 160° 26'$	160° 24′
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{8}{7}} = 159\ 16'$	159° 16′
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{6}{5}} = 157° 46'$	157° 42′
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{11}{9}} = 157° 11'$	157° 13′ moy.
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{5}{4}} = 156° 29'$	156° 30′
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{13}{10}} = 155° 16'$	155° 11′
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{4}{3}} = 154° 28'$	154° 30′
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{7}{5}} = 152° 55'$	153°
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{25}{17}} = 151° 23'$	151° 23′ moy.
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{3}{2}} = 150° 44'$	150° 30′

INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{11}{7}} = 149^\circ 16'$........	149° 30′
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{13}{8}} = 148^\circ 12'$........	"
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{5}{3}} = 147^\circ 24'$........	147° 26′
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{19}{11}} = 146^\circ 17'$........	146° 15′ moy.
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{7}{4}} = 145^\circ 53'$........	146°
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{11}{6}} = 144^\circ 26'$........	144° 27′ moy.
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{23}{12}} = 143^\circ 4'$........	143° 14′ moy.
ou ;	
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{27}{14}} = 142^\circ 53'$........	142° 48′ moy.

Face rhombe s.

INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
$se^{\frac{1}{2}} = 151^\circ 6'$..........	151° 5
$se^{2} = 142^\circ 2'$..........	142° 1′
$sp = 151^\circ 6'$..........	"
s inf. : p sup. $= 111^\circ 19'$	"
$se^{\frac{7}{2}}$ adjac. $= 150^\circ 11'$....	150°
$se^{\frac{7}{2}}$ opposé $= 96^\circ 1'$.....	96°
$se^{\frac{4}{5}}$ adjacent $= 152^\circ 55'$..	"
$s8$ adjacent $= 161^\circ 24'$..	161° 35′
zone $e^{\frac{7}{2}}$, 8, s, $e^{\frac{4}{5}}$, $e^{\frac{7}{2}}$......	"
$sR = 156^\circ 7'$..........	156° à 156° 10′
$se^{\frac{13}{8}} = 146^\circ 3'$..........	146°
zone s, R, $e^{\frac{13}{8}}$..........	"
$\Phi = 156^\circ 29'$..........	156° 10′
$se^{\frac{17}{7}} = 145^\circ 36$	146° environ.
zone s, Φ, $e^{\frac{17}{7}}$..........	"
$sd^1 = 155^\circ 33'$..........	"
$sa^1 = 114^\circ 27'$..........	"
zone $a^1\, s\, d^1$..........	"
$s = \left(d^1\, d^{\frac{1}{4}}\, b^{\frac{1}{2}}\right)$..........	"
ou :	
$\left(b^{\frac{1}{2}}\, d^1\, d^{\frac{1}{4}}\right)$..........	"

Plagièdres inférieurs de la zon[e]

$e^{\frac{1}{2}}\, s\, e^{2}$.

INCIDENCES CALCULÉES.	INCID[ENCES] observé[es]
$\nu_4 e^{\frac{1}{2}} = 115^\circ 1'$..........	115° 1′ 1
$\nu_4 = (b^{\frac{11}{24}}\, d^1\, d^{\frac{11}{12}})$........	"
$\nu_3 e^{\frac{1}{2}} = 115^\circ 59'$..........	115° 55′ 1
$\nu_3 e^{2} = 177^\circ 9'$..........	177° 16′ 1
$\nu_3 x = 170^\circ 50'$..........	170° 52′
$\nu_3 = (b^{\frac{7}{16}}\, d^1\, d^{\frac{7}{8}})$..........	"
$\nu_2 e^{\frac{1}{2}} = 116^\circ 57'$..........	116° 58′
$\nu_2 e^{2} = 176^\circ 11'$..........	176° 11′
$\nu_2 s = 145^\circ 31'$..........	145° 41′
$\nu_2 p = 144^\circ 16'$..........	"
$\nu_2 = (b^{\frac{5}{12}}\, d^1\, d^{\frac{5}{6}})$..........	"
$\nu_1 e^{\frac{1}{2}} = 118^\circ 29'$..........	
ou :	118° 50
$\nu_1 e^{\frac{1}{2}} = 118^\circ 56'$..........	
$\nu_1 e^{2} = 174^\circ 39'$..........	
ou :	174° env[iron]
$\nu_1 e^{2} = 174^\circ 13'$..........	
$\nu_1 = (b^{\frac{5}{18}}\, d^1\, d^{\frac{10}{18}})$; zone p inférieur $\nu_1 e^{\frac{18}{5}}$........	"
ou :	
$\nu_1 = (b^{\frac{3}{8}}\, d^1\, d^{\frac{3}{4}})$; zone p inférieur $\nu_1 e^{\frac{8}{3}}$..........	"
$\nu e^{\frac{1}{2}} = 122^\circ$..........	
ou :	121° 19
$\nu e^{\frac{1}{2}} = 120^\circ 58'$..........	
$\nu e^{2} = 171^\circ 8'$..........	
ou :	171° 54′
$\nu e^{2} = 172^\circ 10'$..........	
$\nu s = 150^\circ 54'$..........	150°
ou :	à 151
$\nu s = 151^\circ 56'$..........	

INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées
$v = (b^{\frac{5}{16}} d^1 d^{\frac{5}{8}})$..........	″
ou : $v = (b^{\frac{1}{3}} d^1 d^{\frac{2}{3}})$; zone p inférienr $h_1 v, e^3$.........	″
$xe^{\frac{1}{2}} = 125^\circ 9'$	″
$xe^2 = 167^\circ 59'$...........	168°
x droit : e^2 gauche.... ..	″
ou : x gauc. : e^2 dr. $= 110^\circ 48'$.	″
$xe^{\frac{13}{8}} = 171^\circ 5'$.	171°
$x\Omega = 139^\circ 45'$..........	″
zone e^2 gauc. $e^{\frac{13}{8}}$ Ω, x dr. ou : e^2 dr. $e^{\frac{13}{8}}$ Ω, x gauches.	
$xe^{\frac{8}{3}} = 171^\circ 7'$............	″
x droit : $e^{\frac{7}{4}}$ gauche......	″
ou : x gauc. : $e^{\frac{7}{4}}$ dr $= 111^\circ 22'$.	111° 25′
zone $e^{\frac{7}{4}}$ gauc. $e^{\frac{8}{3}}$, x dr...	″
ou : $e^{\frac{7}{4}}$ droit : $e^{\frac{8}{3}}$, x gauches..	″
x droit : $e^{\frac{1}{2}}$ gauche......	″
ou : x gauc. : $e^{\frac{1}{2}}$ dr. $= 111^\circ 30'$.	″
$xe^{\frac{7}{2}}$ adjacent $= 169^\circ$......	169° 10′
$x\Pi_1 = 173^\circ 8'$..........	173°
zone x gauc. Π_1, $e^{\frac{7}{2}}$, $e^{\frac{1}{2}}$ dr.	″
ou : x droit, Π_1, $e^{\frac{7}{2}}$, $e^{\frac{1}{2}}$ gauc.	″
$xe^{\frac{4}{3}} = 129^\circ 39'$..........	129° 35′
$x\mu = 143^\circ 13'$...........	144° environ.
zone x, μ, $e^{\frac{4}{3}}$............	″
x sup : $e^{\frac{4}{3}}$ inf. $= 157^\circ 26'$.	″
x sup. : n inf. $= 167^\circ 20'$.	″

INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
zone x supér. n inférieur,	″
$e^{\frac{4}{3}}$ inférieur.............	″
$xe^{\frac{5}{8}} = 129^\circ 17'$..........	129°
$x\lambda = 136^\circ 14'$...........	136° 30′ env.
zone x, λ, $e^{\frac{5}{8}}$..........	″
$xe^{\frac{13}{8}} = 129^\circ 22'$..........	″
$x\lambda_1 = 137^\circ 10$.......... ou : $x\lambda_1 = 139^\circ 18'$.....	138° à 139°
zone x, λ_1, $e^{\frac{13}{8}}$	″
ou : zone x, λ_1, $e^{\frac{5}{8}}$	″
x sup. : $e^{\frac{5}{8}}$ inf. $= 163^\circ 41'$.	163° 30′ env.
x sup. : n_1 inf. $= 167^\circ 53'$.	168° environ.
zone x sup., n_1 inf., $e^{\frac{5}{8}}$ inf.	″
x sup. : $e^{\frac{7}{4}}$ inf. $= 164^\circ 55'$.	″
x sup. : n_2 inf. $= 167^\circ 58'$.	168° à 169°
zone x sup., n_2 inf., $e^{\frac{7}{4}}$ inf.	″
x droit : e^2 droit........	″
ou : x gauc. : e^2 gauc. $= 128^\circ 30'$	″
$xe^{\frac{11}{4}}$ adjacent $= 171^\circ 6'$...	171° 5′
$x\alpha = 131^\circ 58'$..........	131° 53′ moy.
$x\Delta = 169^\circ 51'$..........	169° environ.
zone e^2 gauc., α, Δ, x gauche, $e^{\frac{11}{4}}$	″
ou : e^2 dr., α, Δ, x dr. $e^{\frac{11}{4}}$ ...	″
$xe^{\frac{9}{4}} = 169^\circ 59'$..........	170° 7′ moy.
$x\Xi = 173^\circ$..............	173° 8′
zone x, Ξ, $e^{\frac{9}{4}}$..........	″
$xe^{\frac{11}{6}} = 169^\circ 40'$....	169° 41′ moy.
$xz_1 = 177^\circ 43'$..........	″
$xz = 173^\circ 36$..........	173° 38′ moy.

INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
$x\Sigma = 172°\,21'$	172° 37′ moy.
zone $x, z_1, z, \Sigma, e^{\frac{11}{5}}$	″
$xe^{\frac{31}{15}} = 168°\,38'$	168° 15′ env.
$x\Sigma_1 = 171°\,40'$	171° 37′ moy.
zone $x, \Sigma_1, e^{\frac{31}{15}}$	″
xp adjacent $= 148°\,46'$ ...	148° 47′
$x\chi = 152°\,4'$	152° 5′
$x\chi_1 = 155°\,22'$	155° 10′
$x\chi_2 = 161°\,57'$	162°
$x\chi_3 = 168°\,20'$ .... ou : $x\chi_3 = 169°\,7'$	169° 5′ moy.
zone $p, \chi, \chi_1, \chi_2, \chi_3, x$ ...	″
$x = (b^{\frac{1}{4}}\, d^1\, d^{\frac{1}{2}})$	″
$ye^{\frac{1}{2}} = 127°\,43'$	″
$ye^2 = 165°\,25'$	165° 22′
yp adjacent $= 149°\,54$	″
$y\varphi = 16[illegible]°\,27'$	″
zone p, φ, y	″
$y = (b^{\frac{1}{5}}\, d^1\, d^{\frac{2}{5}})$	″
$ue^{\frac{1}{2}} = 131°\,37'$	131° 38′
$ue^2 = 161°\,31'$	″
u droit : e^2 droit .... ou : u gau. : e^2 gau. $= 132°\,38'$.	″ / 132° 38′
$ue^{\frac{7}{2}} = 166°\,17'$	166° 15′
$u\Pi = 176°\,34'$	176° 35′
$ui = 136°\,34'$	136° 36′
$ui_1 = 135°\,21'$	″
$ui_2 = 134°\,18'$	″
zone $e^{\frac{7}{2}}, \Pi, u, i, i_1, i_2, e^2$ ..	″
$ue^{\frac{4}{3}}$ adjacent $= 135°\,3'$....	135°
$uq = 149°\,58'$	150°
zone u droit $q, e^{\frac{4}{3}}$ droit..	″
$ue^{\frac{8}{7}}$ adjacent $= 135°\,15$ ...	″
$u\varepsilon = 153°\,32'$	153° 30′

INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
zone u droit ε, $e^{\frac{8}{7}}$ droit ...	″
$ue^{\frac{5}{4}} = 135°\,11'$	135° 25′
$uw = 151°\,37'$	150° 45′ env.
zone $u, w, e^{\frac{5}{4}}$ ou $a^{\frac{7}{2}}$	″
$ue^{\frac{13}{8}} = 134°\,11'$	134° 10′
$u\rho = 143°\,13'$	144° environ.
zone $u, \rho, e^{\frac{13}{8}}$	″
up adjacent $= 151°\,18'$ ...	″
$u\Upsilon = 154°\,46'$	″
$u\Upsilon_1 = 157°\,59'$	158°
$u\Upsilon_2 = 171°\,3'$	171° 17′ moy.
zone $p, \Upsilon, \Upsilon_1, \Upsilon_2, u$	″
$u = (b^{\frac{1}{8}}\, d^1\, d^{\frac{1}{4}})$	″
$\sigma e^{\frac{1}{2}} = 144°\,46'$	144° 20′ à 145°
$\sigma e^2 = 148°\,22'$	″
σp adjacent $= 152°\,32'$ ...	″
$\sigma = (d^{\frac{1}{8}}\, d^1\, b^{\frac{1}{4}})$	″

Plagièdres supérieurs de la zone $e^{\frac{1}{2}}\, s\, e^2$.

INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
$\sigma_1 e^{\frac{1}{2}} = 154°\,24'$ .... ou : $\sigma_1 e^{\frac{1}{2}} = 153°\,54'$	154° 22′ moy.
$\sigma_1 p$ adjacent $= 149°\,53'$.. ou : $\sigma_1 p = 150°\,5'$	150° 16′ moy.
$\sigma_1 e^{\frac{11}{7}} = 148°\,9'$	″
$\sigma_1 e^{\frac{13}{8}} = 147°\,16'$	″
$\sigma_1 = (d^{\frac{7}{22}}\, d^1\, b^{\frac{7}{11}})$ .... ou :	″
$\sigma_1 = (d^{\frac{4}{13}}\, d^1\, b^{\frac{8}{13}})$	″
zone $p, \sigma_1, e^{\frac{11}{7}}$ .... ou :	″
zone $p, \sigma_1, e^{\frac{13}{8}}$	″

…CES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
…5°8…………	155°23′ moy.
…ent = 149°34′..	149°56′ moy.
…cent = 149°24′..	"
… $d^1 b^{\frac{2}{3}}$) ………	"
… σ_2, $e^{\frac{2}{3}}$………	"
…7°5′…………	156° 40′ env.
…8°4′…………	149° environ.
…ent = 148°42′…	"
…ent = 152°35′..	"
… $d^1 b^{\frac{2}{4}}$)……….	"
…, $e^{\frac{4}{5}}$……….	"
…2°37′……….	161°47′ moy.
…0°31′………	130°40′-131 25
…ent = 145°46…	"
…ent = 160°33…	"
… $d^1 b^1$)……….	"
…, e^1……….	"
…7°40′. ………	167°41′ à 168°
…5°28……….	125° environ.
…nt = 142°36….	"
…nt = 166°51′…	"
… b^1)……….	"
…ale p, τ, $e^{\frac{4}{5}}$…..	"
…0°29′……….	170° 27 moy.
…ent = 140°48′.	"
…ent = 169°57′..	"
… b^1)……….	"
…ale p, τ_1, $e^{\frac{5}{7}}$…	"
…2°15′……….	172° 16′ moy.
…9°53′……….	120°35′
…nt = 139°30′..	"
…ent = 171°58′..	"

INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
$\tau_2 = (d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{2}{3}} b^1)$……….	"
zone latérale p, τ_2, $e^{\frac{2}{3}}$…	"
$\tau_3 e^{\frac{1}{2}} = 173°28′$……….	173° 31′ moy.
$\tau_3 p$ adjacent = 138° 38′..	"
$\tau_3 e^{\frac{7}{11}} = 173° 16′$……….	"
$\tau_3 = (d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{7}{11}} b^1)$……….	"
zone latérale p, τ_3, $e^{\frac{7}{11}}$.	"
$\tau_4 e^{\frac{1}{2}} = 174°21′$……….	174°31′ moy.
$\tau_4 = (d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{8}{18}} b^1)$……….	"
$\tau_5 e^{\frac{1}{2}} = 175°34′$……….	175° 32′ moy.
$\tau_5 = (d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{10}{17}} b^1)$……….	"
zone lat. p, τ_5, $e^{\frac{10}{17}}$…..	"
$\tau_6 e^{\frac{1}{2}} = 176°21′$….. …	176°34 moy.
$\tau_6 = (d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{4}{7}} b^1)$……….	"
$\tau_7 e^{\frac{1}{2}} = 177° 7′$………. ou : $\tau_7 e^{\frac{1}{2}} = 177° 37′$……….	177° 21′ moy.
$\tau_7 = (d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{5}{9}} b^1)$. …….	"
ou :	
$\tau_7 = (d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{6}{11}} b^1)$……….	"
$\beta e^{\frac{1}{2}}$ adjacent = 170° 13′. .	170° à 171°
βp opposé = 143° 31′….	142° à 143°
βe^2 adjacent = 137° 38′.	137° 40′
zone β, Λ, e^2, et,……	"
zone $e^{\frac{1}{2}}$, β, p……….	"
$\beta = (d^{\frac{7}{20}} d^{\frac{1}{2}} b^1)$……….	"
Hp adjacent = 172° 19′.	172° 20′
Hx adjacent = 147° 37′..	148°
Hs inférieur = 112° 23′..	113° environ.
Hx inférieur = 118° 13′..	119° environ.
H = $(d^{\frac{1}{16}} d^{\frac{1}{2}} b^1)$……….	"
zone p, H, $e^{\frac{1}{2}}$……….	"
γp adjacent = 164° 58′…	164° 46′ moy.

INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées
$\gamma e^{\frac{1}{2}}$ opposé = 148° 46'...	150° moy.
$\gamma = (d^{\frac{1}{5}} d^{\frac{1}{2}} b^1)$..........	″
zone $p, \gamma, e^{\frac{1}{2}}$..........	″
$\gamma_1 e^{\frac{1}{2}}$ adjacent = 164° 58'..	164° 46'
$\gamma_1 p$ opposé = 148° 46'...	″
$\gamma_1 \gamma$ adjacent = 163° 48'..	164° 20' env.
$\gamma_1 = (d^{\frac{2}{7}} d^{\frac{1}{2}} b^1)$..........	″
zone $e^{\frac{1}{2}} \gamma_1 p$..........	″

Plagièdres inférieurs de la zone pse^2.

INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées
Np = 149° 28'..........	149° 31' moy.
$Ne^{\frac{1}{2}}$ adjacent = 151° 35'.	″
$N = (d^1 d^{\frac{4}{15}} b^{\frac{1}{2}})$..........	″
$N_1 p$ = 146° 22'..........	146° 27' moy.
$N_1 e^{\frac{1}{2}}$ adjacent = 152° 17'.	″
$N_1 = (d^1 d^{\frac{8}{10}} b^{\frac{1}{2}})$..........	″
θp = 144° 46..........	144° 35'
$\theta e^{\frac{1}{2}}$ adjacent = 152° 32'..	″
$\theta e^{\frac{7}{2}}$ adjacent = 145° 44'..	″
θx = 152° 32'..........	152° 20' env.
zone $e^{\frac{7}{2}}, x, \theta$..........	″
$\theta = (d^1 d^{\frac{7}{22}} b^{\frac{1}{2}})$ inver. de σ.	″
πp = 141° 31'..........	141° 35'
πe^2 = 151° 37'..........	151° 39'
$\pi e^{\frac{1}{2}}$ adjacent = 152° 45'..	153° environ.
$\pi e^{\frac{8}{7}}$ = 159° 16'..........	158° 40' env.
$\pi e^{\frac{7}{2}}$ = 143° 15'..........	″
zone $e^{\frac{7}{2}}, \pi, c^{\frac{8}{7}}$..........	″
$\pi e^{\frac{11}{9}}$ = 158° 56'..........	159°
$\pi = (d^1 d^{\frac{5}{14}} b^{\frac{1}{2}})$..........	″

INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
εp = 138° 13'..........	138° 10'
εe^2 = 154° 55'..........	154° 50'
$\varepsilon e^{\frac{1}{2}}$ adjacent = 152° 37'..	″
$\varepsilon e^{\frac{8}{7}}$ = 161° 43'..........	″
$\varepsilon e^{\frac{7}{2}}$ adjacent = 140° 38' .	140° 10' e
$\varepsilon a^{\frac{7}{2}}$ ou $e^{\frac{5}{4}}$ = 161° 31'.....	162° envi
zone $e^{\frac{7}{2}}, \varepsilon, a^{\frac{7}{2}}$ ou $e^{\frac{5}{4}}$......	″
$\varepsilon e^{\frac{13}{10}}$ = 161° 9'..........	161° 35
$\varepsilon = (d^1 d^{\frac{2}{5}} b^{\frac{1}{2}})$..........	″
wp = 135° 35'..........	135° 40'
we^2 = 157° 33'..........	157° 30'
$we^{\frac{1}{2}}$ adjacent = 152° 15'..	″
$we^{\frac{7}{2}}$ adjacent = 138° 29..	138° 20'
$we^{\frac{4}{3}}$ = 163° 21'..........	163° 35'
zone $e^{\frac{7}{2}}, w, e^{\frac{4}{3}}$..........	″
$wa^{\frac{7}{2}}$ ou $e^{\frac{5}{4}}$ = 163° 34'....	″
zone $u, w, a^{\frac{7}{2}}$ ou $e^{\frac{5}{4}}$......	″
$w = (d^1 d^{\frac{7}{16}} b^{\frac{1}{2}})$..........	″
qp = 133° 25'..........	133° 30
qe^2 = 159° 43'..........	159° 45
$qe^{\frac{1}{2}}$ adjacent = 151° 47'..	″
$qe^{\frac{4}{3}}$ = 165° 5'..........	164° 30' e
qe^3 = 136° 19'..........	136° 10'
$qe^{\frac{13}{10}}$ = 165° 8'..........	164° 52'
zone $u, q, e^{\frac{4}{3}}$..........	″
$q = (d^1 d^{\frac{8}{17}} b^{\frac{1}{2}}$..........	″
μp = 131° 37'..........	″
μe^2 = 161° 31'..........	161° 30'
$\mu e^{\frac{1}{2}}$ adjacent = 151° 18'..	″
$\mu e^{\frac{4}{3}}$ = 166° 26'..........	166° 20
zone $x, \mu, e^{\frac{4}{3}}$ et zone $u, \mu, e^{\frac{7}{5}}$	″

...ENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.	INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
$d^2 b^2$) inv. de u..	"	$ne^2 = 174° 39'$..........	175° envir.
: 129° 27'.........	129° 45' moy.	$ns = 147° 23'$..........	146° 50' à 148
djacent = 167° 55'.	"	$ne^{\frac{1}{2}}$ adjacent = 145° 12'..	"
ıtéral = 131° 17'...	"	ne^{4} adjacent = 170° 6'. .	"
$, \mu_1, e^{\frac{4}{5}}$.........	"	zone x sup., n inf., $e^{\frac{4}{3}}$ inf	"
$d^1 d^{\frac{1}{15}} b^{\frac{1}{2}}$).........	"	$n = (d^1 d^{\frac{4}{5}} b^{\frac{1}{2}})$ inverse de	
127° 7'...... . ..	127° 5'	$v_1 = (b^{\frac{5}{13}} d^1 d^{\frac{10}{13}}$.........	
: 166° 1'.........	"		"
$, \mu_2, e^{\frac{8}{3}}$.........	"	$n_1 p = 116° 15'$...... ...	116° 20'
$d^1 d^{\frac{7}{12}} b^{\frac{1}{2}}$).........	"	$n_1 e^2 = 176° 53'$..... ...	176° 55'
25° 9'...........	124° à 126°	$n_1 e^{\frac{1}{2}}$ adjacent = 143° 49'..	"
167° 59'...... ...	168° environ.		
170° 58'..... ...	169° 3. ' e.v.	$n_1 e^{\frac{5}{3}}$ adjacent = 175° 47'..	175° 30'
$, p, e^{\frac{12}{5}}$.........	"	zone x sup., n_1 inf., $e^{\frac{5}{3}}$ inf	"
$d^{\frac{5}{8}} b^{\frac{1}{2}}$) inv. de x..	"	$n_1 = (d^1 d^{\frac{7}{8}} b^{\frac{1}{2}})$	"
22° 30'.........	122° 30'	$n_2 p = 115° 34'$.........	"
51° 24'..........	152° environ.	$n_2 e^2 = 177° 34'$....... .	"
acent = 147° 27'..	147° 40'	$n_2 e^{\frac{7}{4}}$ adjacent = 176° 57'..	"
173° 3'..........	173°	zone x sup., n_2 inf., $e^{\frac{7}{4}}$ inf.	"
$, \lambda, e^{\frac{5}{3}}$.........	"	$n_2 = (d^1 d^{\frac{9}{10}} b^{\frac{1}{2}})$.........	"
$d^{\frac{11}{16}} b^{\frac{1}{2}}$).........	"		
123° 39'......... : 124° 55'.......	123° 30' à 124° 25'	**Plagièdres supérieurs de la zone** $p\,s\,e^2$.	
		$t_1 p = 154° 24'$. .... ou :	154° 14' moy.
: 172° 12'.... .... : 169° 59'.........	171° 10' env.	$t_1 p = 153° 54'$..........	153° environ.
		$t_1 e^2 = 138° 43'$......... ou : $t_1 e^2 = 139° 13'$........ .	139° environ.
$\lambda_1, e^{\frac{12}{5}}$....... . :	"	$t_1 e^{\frac{1}{2}}$ adjacent = 149° 53'. ou :	"
$\lambda_1, e^{\frac{5}{3}}$..........	"	$t_1 e^{\frac{1}{2}} = 150° 5'$....... ...	"
$d^{\frac{29}{44}} b^{\frac{1}{2}}$)......... :	"	$t_1 = (d^1 d^{\frac{5}{23}} b^{\frac{1}{2}})$........ ou :	inverse de σ_1.
$d^{\frac{11}{19}} b^{\frac{5}{11}}$.........	"		
8° 29'..........	118° environ.	$t_1 = (d^1 d^{\frac{2}{9}} b^{\frac{1}{2}})$.........	

INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
$tp = 158^\circ 13'$	$158^\circ 15'$
$te^{\frac{1}{2}}$ adjacent $= 148^\circ 9'$	$148^\circ 10'$
$te^{\frac{7}{2}}$ adjacent $= 154^\circ 20'$	$154^\circ 30'$
$t\varphi = 163^\circ 12'$	$163^\circ 30'$ env.
zone $e^{\frac{1}{2}}$, t, φ, $e^{\frac{7}{2}}$ et :	"
zone e^2 antérieur, t et γ_1 droits ou gauches	"
$= d^1 d^{\frac{2}{11}} b^{\frac{1}{2}})$	"
$t_2 p = 162^\circ 37'$	$162^\circ 30'$
$t_2 s = 168^\circ 29'$	$168^\circ 20'$
$t_2 = (d^1 d^{\frac{1}{7}} b^{\frac{1}{2}})$ inv. de L.	"
$t_3 p = 167^\circ 41'$	166° à 167°
$t_3 s = 163^\circ 25'$	$163^\circ 30'$
$t_3 e^{\frac{1}{2}}$ adjacent $= 142^\circ 37'$.	"
$t_3 = (d^1 d^{\frac{1}{10}} b^{\frac{1}{2}})$ inv. de τ.	"
$t_4 p = 175^\circ 34'$	$175^\circ 36'$ moy.
$t_4 = d^1 d^{\frac{1}{28}} b^{\frac{1}{2}}$ inv. de τ_3.	"
$t_5 p = 176^\circ 21'$	$176^\circ 30'$ moy.
$t_5 = (d^1 d^{\frac{1}{34}} b^{\frac{1}{2}})$ inv. de τ_6	"
$t_6 p = 177^\circ 37'$	$177^\circ 29'$ moy.
$t_6 = (d^1 d^{\frac{1}{52}} b^{\frac{1}{2}})$	"
Prismes symétriques à six ou à douze pans.	
ke^2 adjacent $= 171^\circ 3'$	$171^\circ 10'$
ke^2 opposé $= 128^\circ 57$	$128^\circ 20'$
$k = (b^{\frac{4}{11}} d^1 d^{\frac{4}{7}})$	"
zone p inf., k, $e^{\frac{11}{4}}$ supér.	"
$k_1 e^2$ adjacent $= 169^\circ 6'$	$169^\circ 33'$ moy.
$k_1 k_1 = 141^\circ 47'$	$142^\circ 30'$ env.
$k_1 = (b^{\frac{1}{3}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$	"
zone p inf., k_1, e^3 supér.	"
$k_2 e^2$ adjacent $= 166^\circ 6'$	$166^\circ 48'$ moy.
$k_2 e^2$ opposé $= 133^\circ 54'$	$134^\circ 7'$ moy.
$k_2 = (b^{\frac{2}{7}} d^1 d^{\frac{2}{5}})$	"
zone p inf., k_2, $e^{\frac{7}{2}}$ supér.	"
$k_3 e^2$ adjacent $= 163^\circ 54$	$163^\circ 47'$ moy.
$k_3 k_3 = 152^\circ 12'$	$152^\circ 30'$
$k_3 = (b^{\frac{1}{4}} d^1 d^{\frac{1}{3}})$	"
$k_4 e^2$ adjacent $= 160^\circ 54'$.	160° environ
$k_4 = (b^{\frac{1}{5}} d^1 d^{\frac{1}{4}})$	"
zone p infér., k_4, e^5, sup.	"
ce^2 adjacent $= 158^\circ 57'$.	"
$c = (b^{\frac{1}{6}} d^1 d^{\frac{1}{5}})$	"
$k_5 e^2$ adjacent $= 157^\circ 33'$.	$157^\circ 21'$ moy.
$k_5 k_5 = 164^\circ 54'$	$164^\circ 50'$ moy.
$k_5 = (b^{\frac{1}{7}} d^1 d^{\frac{1}{6}})$	"
$k_6 e^2$ adjacent $= 155^\circ 35'$.	$156^\circ 36'$ moy.
$k_6 k_6 = 166^\circ 50'$	$166^\circ 35'$ env.
$k_6 = (b^{\frac{1}{8}} d^1 d^{\frac{1}{7}})$	"
zone p inf., k_6, e^8 supér.	"
$k_7 e^2$ adjacent $= 155^\circ 49'$	$155^\circ 45'$
$k_7 = (b^{\frac{1}{9}} d^1 d^{\frac{1}{8}})$	"
$k_8 e^2$ adjacent $= 155^\circ 13'$.	$155^\circ 11'$ moy.
$k_8 = (b^{\frac{1}{10}} d^1 d^{\frac{1}{9}})$	"
zone p infér., k_8, e^{10} sup.	"
$k_9 e^2$ adjacent $= 153^\circ 40'$.	$153^\circ 37'$ à $154^\circ 19'$
$k_9 = (b^{\frac{1}{11}} d^1 d^{\frac{1}{10}})$	"
zone p infér., k_9, e^{11} sup.	"
Isocéloèdres.	
$\xi e^{\frac{1}{2}}$ ou $\xi p = 156^\circ 52'$	$156^\circ 55'$
$\xi e^2 = 129^\circ 51'$	"
$\xi d^1 = 137^\circ 43'$	"
$\xi a^1 = 132^\circ 17'$	"
zone a^1, ξ, d^1	"
$\xi = (d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{1}{5}} b^1)$	"
$\Gamma e^2 = 127^\circ 15'$	127°
$\Gamma p = 156^\circ 42'$	"
$\Gamma = d^{\frac{1}{3}} d^{\frac{1}{7}} b^1)$	"

INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
Scalénoèdres.	
$b^{\frac{3}{2}} p$ adjacent = 147° 39′..	147° à 148°
$b^{\frac{3}{2}} p$ opposé = 126° 36′...	127°
$b^{3} p$ adjacent = 162° 2′...	162° moy.
$b^{5} p$ adjacent = 168° 33′..	168° 30′
$b^{5} p$ opposé = 105° 42′...	105° 50′
$d^{\frac{17}{10}} p$ adjacent = 148° 29′.	148° 27′
$d^{\frac{3}{2}} p$ adjacent = 145° 2′..	146° envir.
Faces isolées.	
p D = 128° 28′..........	"
D $e^{\frac{11}{6}}$ = 160° 5′.....	160° 15′
D e^{2} = 139° 53′.........	140° 30′ env.
D = $(d^{1} d^{\frac{1}{4}} b^{\frac{3}{14}})$....... ..	"
p D_1 = 137° 35′........	"
$e^{2} D_1$ = 157° 27′........	156° 40′ à 158°
$D_1 e^{\frac{11}{6}}$ = 142° 31′........	142° environ.
D_1 = $(b^{\frac{1}{3}} d^{1} d^{\frac{3}{20}}$	"
zone e^{2}, D_1, D, $e^{\frac{11}{6}}$	"
ωp = 135° 5′...........	135° 20′ moy.
$\omega e^{\frac{1}{2}}$ 136° 16′...........	136° 15′
$\omega e^{\frac{5}{3}}$ adjacent = 151° 5′...	151°
ωe^{2} latéral = 148° 46′..	148° 35′
zone $e^{\frac{5}{3}}$, ω, e^{2} latéral....	"
$\omega = (d^{1} d^{\frac{1}{16}} b^{\frac{1}{15}})$.........	"
ψp = 136° 44′...... ...	"
$\psi e^{\frac{7}{2}}$ adjacent = 146° 2′...	146° environ.
ψe^{2} adjacent = 152° 53′..	153° 35′ env.
zone $e^{\frac{7}{2}}$, ψ, e^{2} latéral....	"
$\psi = (d^{1} d^{\frac{1}{6}} b^{\frac{3}{16}})$....... ..	"
ζp = 146° 29′......... ou bien : ζp = 145°............	145° environ.

INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
$\zeta e^{\frac{7}{2}}$ adjacent = 152° 14′.. ou : $\zeta e^{\frac{7}{2}}$ = 151° 2′...	152° 30′
$\zeta e^{\frac{18}{10}}$ adjacent = 149° 44′. ou : $\zeta e^{\frac{18}{10}}$ = 150° 54′.........	150° 15′
$\zeta = (d^{1} d^{\frac{2}{13}} b^{\frac{9}{37}})$....	"
zone $e^{\frac{7}{2}}$, ζ, $e^{\frac{18}{10}}$.........	"
ou :	
$\zeta = (d^{1} d^{\frac{1}{6}} b^{\frac{1}{4}})$, hémi-isocél.	"
$\zeta_1 p$ = 147° 43′......... ou : 147° 13′... ...... ou : 149° 11′..	148° environ.
$\zeta_1 e^{\frac{7}{2}}$ adjacent = 152° 56′.. ou : 152° 35′.. ou : 153° 54′..	152° 40′ env.
$\zeta_1 e^{\frac{11}{9}}$ adjac. = 149° 19′.. ou : 149° 22′.. ou : 148° 20′..	151° environ.
$\zeta_1 e^{\frac{5}{4}}$ adjacent = 149° 34′	"
$\zeta_1 = (d^{1} d^{\frac{8}{53}} b^{\frac{1}{4}})$.........	"
zone $e^{\frac{7}{2}}$, ζ_1, $e^{\frac{11}{9}}$..	"
ou bien :	
$\zeta_1 = (d^{1} d^{\frac{2}{13}} b^{\frac{1}{4}})$.........	"
zone $e^{\frac{7}{2}}$, ζ_1, $e^{\frac{5}{4}}$	"
ou bien :	
$\zeta_1 = (d^{1} d^{\frac{1}{7}} b^{\frac{1}{4}})$.........	"
$8 p$ = 158° 35′....	"
$8 e^{\frac{7}{2}}$ = 168° 47′.........	169° 30′ env.
zone s, 8, $e^{\frac{7}{2}}$	"
$8 = (b^{\frac{1}{11}} d^{1} d^{\frac{1}{4}})$.........	"
R $e^{\frac{13}{8}}$ = 169° 56′..	170° environ.

INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
$tp = 158^\circ 13'$	$158^\circ 15'$
$te^{\frac{1}{2}}$ adjacent $= 148^\circ 9'$....	$148^\circ 10'$
$te^{\frac{7}{2}}$ adjacent $= 154^\circ 20'$..	$154^\circ 30'$
$t\varphi = 163^\circ 12'$..........	$163^\circ 30'$ env.
zone $e^{\frac{1}{2}}$, t, φ, $e^{\frac{7}{2}}$ et :	″
zone e^2 antérieur, t et γ_1 droits ou gauches.....	″
$= d^1 d^{\frac{2}{11}} b^{\frac{1}{2}}$).........	″
$t_2 p = 162^\circ 37'$..........	$162^\circ 30'$
$t_2 s = 168^\circ 29'$..........	$168^\circ 20'$
$t_2 = (d^1 d^{\frac{1}{7}} b^{\frac{1}{2}})$ inv. de L.	″
$t_3 p = 167^\circ 41'$..........	166° à 167°
$t_3 s = 163^\circ 25'$..........	$163^\circ 30'$
$t_3 e^{\frac{1}{2}}$ adjacent $= 142^\circ 37'$.	″
$t_3 = (d^1 d^{\frac{1}{10}} b^{\frac{1}{2}})$ inv. de τ.	″
$t_4 p = 175^\circ 34'$..........	$175^\circ 36'$ moy.
$t_4 = d^1 d^{\frac{1}{28}} b^{\frac{1}{2}}$ inv. de τ_5.	″
$t_5 p = 176^\circ 21'$..........	$176^\circ 30'$ moy.
$t_5 = (d^1 d^{\frac{1}{34}} b^{\frac{1}{2}})$ inv. de τ_6	″
$t_6 p = 177^\circ 37'$..........	$177^\circ 29'$ moy.
$t_6 = (d^1 d^{\frac{1}{52}} b^{\frac{1}{2}})$.........	″
Prismes symétriques à six ou à douze pans.	
ke^2 adjacent $= 171^\circ 3'$....	$171^\circ 10'$
ke^2 opposé $= 128^\circ 57$....	$128^\circ 20'$
$k = (b^{\frac{4}{11}} d^1 d^{\frac{4}{7}})$	″
zone p inf., k, $e^{\frac{11}{4}}$ supér..	″
$k_1 e^2$ adjacent $= 169^\circ 6'$..	$169^\circ 33'$ moy.
$k_1 k_1 = 141^\circ 47'$..........	$142^\circ 30'$ env.
$k_1 = (b^{\frac{1}{3}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$.......	″
zone p inf., k_1, e^3 supér..	″
$k_2 e^2$ adjacent $= 166^\circ 6'$..	$166^\circ 48'$ moy.
$k_2 e^2$ opposé $= 133^\circ 54'$..	$134^\circ 7'$ moy.

INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
$k_2 = (b^{\frac{2}{7}} d^1 d^{\frac{2}{5}})$..........	″
zone p inf., k_2, $e^{\frac{7}{2}}$ supér.	″
$k_2 e^2$ adjacent $= 163^\circ 54$..	$163^\circ 47'$ moy.
$k_2 k_2 = 152^\circ 12'$.........	$152^\circ 30'$
$k_3 = (b^{\frac{1}{4}} d^1 d^{\frac{1}{3}})$..........	″
$k_4 e^2$ adjacent $= 160^\circ 54'$.	160° environ
$k_4 = (b^{\frac{1}{5}} d^1 d^{\frac{1}{4}})$........	″
zone p infér., k_4, e^5, sup.	″
ce^2 adjacent $= 158^\circ 57'$..	″
$c = (b^{\frac{1}{6}} d^1 d^{\frac{1}{5}})$..........	″
$k_5 e^2$ adjacent $= 157^\circ 33'$.	$157^\circ 21'$ moy.
$k_5 k_5 = 164^\circ 54'$.........	$164^\circ 50'$ moy.
$k_5 = (b^{\frac{1}{7}} d^1 d^{\frac{1}{6}})$........	″
$k_6 e^2$ adjacent $= 155^\circ 35'$.	$156^\circ 36'$ moy.
$k_6 k_6 = 166^\circ 50'$.........	$166^\circ 35'$ env.
$k_6 = (b^{\frac{1}{8}} d^1 d^{\frac{1}{7}})$..........	″
zone p inf., k_6, e^8 supér.	″
$k_7 e^2$ adjacent $= 155^\circ 49'$..	$155^\circ 45'$
$k_7 = (b^{\frac{1}{9}} d^1 d^{\frac{1}{8}})$..........	″
$k_8 e^2$ adjacent $= 155^\circ 13'$.	$155^\circ 11'$ moy.
$k_8 = (b^{\frac{1}{10}} d^1 d^{\frac{1}{9}})$.........	″
zone p infér., k_8, e^{10} sup.	″
$k_9 e^2$ adjacent $= 153^\circ 40'$.	$153^\circ 37'$ à $154^\circ 19'$
$k_9 = (b^{\frac{1}{11}} d^1 d^{\frac{1}{10}})$........	″
zone p infér., k_9, e^{11} sup.	″
Isocéloèdres.	
$\xi e^{\frac{1}{2}}$ ou $\xi p = 156^\circ 52'$....	$156^\circ 55'$
$\xi e^2 = 129^\circ 51'$..........	″
$\xi d^1 = 137^\circ 43'$..........	″
$\xi a^1 = 132^\circ 17'$..........	″
zone a^1, ξ, d^1..........	″
$\xi = (d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{1}{5}} b^1)$..........	″
$\Gamma e^2 = 127^\circ 15'$..........	127°
$\Gamma p = 156^\circ 42'$..........	″
$\Gamma = d^{\frac{1}{8}} d^{\frac{1}{7}} b^1$)..........	″

…ENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
$b^{\frac{2}{20}} d^1 d^{\frac{1}{2}}$).........	"
bien :	
$b^{\frac{5}{32}} d^1 d^{\frac{1}{2}}$).........	"
, χ, χ_1, χ_2, χ_3, x...	"
160° 27′..........	160° 28′
jacent = 131° 20′..	131° 18′
171° 8′..........	171° 4′
$^{\frac{1}{8}} d^1 d^{\frac{2}{5}}$)..........	"
, φ, y, et ι, φ, $e^{\frac{7}{2}}$...	"
16° 40′..........	116° 42′
142° 46′..........	142° 47′
76° 4′..........	176° 5′
$^1 d^{\frac{4}{5}} b^{\frac{8}{15}}$).........	"
115° 34′..........	115° 28′
. 142° 30′..........	142° 29′
177° 18′..........	177° 15′
$l^1 d^{\frac{6}{7}} b^{\frac{9}{15}}$).........	"
114° 38′..........	114° 41′
: 142° 16′..........	142° 16′
178° 20′..........	178° 21′
$l^1 d^{\frac{10}{11}} b^{\frac{15}{21}}$).........	"
153° 7′..........	"
: 169° 43′..........	169° 45′
: 136° 4′..........	"
$b^{\frac{1}{6}} d^1 d^{\frac{8}{8}}$).........	"
$^{\frac{7}{2}}$, Π, u, i, i_1, i_2, e^2.	"
176° 52′..........	177°
$^{\frac{1}{72}} d^1 d^{\frac{1}{4}}$).........	"
173° 19′..........	173° 20′
$b^{\frac{1}{36}} d^1 d^{\frac{1}{4}}$).........	"
160° 14′..........	160° 51′ moy.
$b^{\frac{1}{12}} d^1 d^{\frac{1}{4}}$).........	"
, Υ, $Υ_1$, $Υ_2$, u.....	"

INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
$x p = 157° 21′$..........	"
$x e^{\frac{7}{2}} = 173° 12$..........	172° 30′ env.
$x = (b^{\frac{7}{40}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$..........	"
zone $e^{\frac{7}{2}}$, θ, x..........	"
$\Theta p = 118° 36′$..........	"
ou :	
$\Theta p = 119° 23′$..........	"
$\Theta s = 147° 26′$..........	147° à 148°
ou :	
$\Theta s = 148° 15′$..........	
$\Theta e^{\frac{5}{3}} = 177° 41′$..........	177° 34′
ou :	
$\Theta e^{\frac{5}{3}} = 176° 38′$..........	
$\Theta e^{\frac{11}{5}} = 122° 26′$..........	122° 30′
ou :	
$\Theta e^{\frac{11}{5}} = 123° 29′$..........	
$\Theta = (d^1 d^{\frac{15}{17}} b^{\frac{9}{16}})$..........	"
ou bien :	
$\Theta = (d^1 d^{\frac{5}{6}} b^{\frac{6}{11}})$..........	"
zone $e^{\frac{11}{5}}$, Θ, $e^{\frac{5}{3}}$..........	"
$\beta \Lambda = 177° 3′$..........	177° 5′
$\Lambda e^2 = 140° 35′$..........	140° 45′
$\Lambda = (d^{\frac{10}{17}} d^{\frac{7}{17}} b^1)$..........	"
zones { β, Λ, e^2..........	"
zones { p, Λ, $e^{\frac{10}{17}}$..........	"
$pp = 94° 15′$..........	"
$pa^1 = 128° 13′$..........	128° environ.
$pe^{\frac{1}{2}} = 133° 44′$..........	133° 44′
$pe^{\frac{1}{2}}$ opp. au som. = 76° 26′.	"
pe^2 ou $e^{\frac{1}{2}} e^2$ lat. = 113° 8′.	"
$pd^1 = 132° 53′$..........	133°
$b^1 b^1$ adjacent = 124° 41..	"
$pe^{\frac{2}{3}}$ adjacent = 131° 28′..	"

INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
zone s, R, $e^{\frac{13}{8}}$	″
$\mathrm{R} = (d^1 d^{\frac{8}{4}} b^{\frac{8}{5}})$..........	″
$\Phi e^{\frac{17}{7}} = 169° 7'$..........	170° environ.
zone s, Φ, $e^{\frac{17}{7}}$	″
$\Phi = (b^{\frac{1}{5}} d^1 d^{\frac{5}{11}})$.........	″
$\Omega p = 135° 35'$..	135° 30′
$\Omega e^{\frac{13}{5}}$ adjac. $= 148° 10'$..	148° environ.
Ωe^2 latéral $= 151° 3'$....	151° 30′ env.
zone $e^{\frac{13}{5}}$, x, Ω, e^2 latéral.	″
$\Omega = (d^1 d^{\frac{1}{13}} b^{\frac{1}{12}})$..... ...	″
$\alpha p = 116° 4'$..........	116° 4′ moy.
$\alpha e^{\frac{1}{2}} = 142° 17'$..........	142° 41′
αe^2 adjacent $= 176° 32'$..	176° 31′
$\alpha = (d^1 d^{\frac{22}{27}} b^{\frac{11}{24}})$...... ..	″
$\Delta p = 144° 8'$.	″
$\Delta e^2 = 138° 39'$..........	139° environ.
$\Delta = (b^{\frac{1}{9}} d^1 d^{\frac{1}{6}})$..........	″
zone e^2, α, Δ, x, $e^{\frac{11}{4}}$.....	″
$\Pi_1 p = 153° 50'$.........	″
$\Pi_1 e^{\frac{7}{2}} = 175° 52'$........	176° 5′
$\Pi_1 = (b^{\frac{8}{11}} d^1 d^{\frac{8}{4}})$........	″
zone $e^{\frac{7}{2}}$, Π_1, x..........	″
$\Xi p = 146° 33'$..........	146° 30′
$\Xi e^{\frac{9}{4}} = 176° 59'$.........	177° 30′ env.
zone x, Ξ, $e^{\frac{9}{4}}$..........	″
$\Xi = (b^{\frac{5}{13}} d^1 d^{\frac{5}{6}})$	″
$z_1 p = 148° 4'$..........	″
$z_1 e^{\frac{11}{5}} = 171° 57'$........	171° 20′
$z_1 z = 175° 54'$..........	175° 39′
$z_1 = (b^{\frac{5}{17}} d^1 d^{\frac{3}{5}})$	″

INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
$zp = 146° 28'$...........	″
ou :	
$sp = 146° 15'$.	″
$se^{\frac{11}{5}} = 176° 4'$..........	176° 1′ m
ou :	
$se^{\frac{11}{5}} = 176° 33'$..........	
$z = (b^{\frac{2}{5}} d^1 d^{\frac{27}{34}})$..........	″
ou bien :	
$z = (b^{\frac{5}{13}} d^1 d^{\frac{9}{11}})$...... ...	″
$\Sigma p = 145° 54'$..........	″
ou :	
$\Sigma p = 145° 42$...........	″
$\Sigma e^{\frac{11}{5}} = 177° 19'$.........	177° 15′ m
ou :	
$\Sigma e^{\frac{13}{6}} = 177° 1'$.........	
$\Sigma = (b^{\frac{2}{5}} d^1 d^{\frac{6}{7}})$	″
zone x, z_1, s, Σ, $e^{\frac{11}{5}}$......	″
ou :	
$\Sigma = (b^{\frac{2}{5}} d^1 d^{\frac{11}{13}})$	″
zone x, Σ, $e^{\frac{13}{6}}$...........	″
$\Sigma_1 p = 144° 36'$.........	″
$\Sigma_1 e^{\frac{31}{15}} = 176° 57'$........	176° 55′
$\Sigma_1 = (b^{\frac{18}{43}} d^1 d^{\frac{6}{7}})$	″
zone x, Σ_1, $e^{\frac{31}{15}}$........ .	″
$\chi p = 176° 42'$..........	176° 40′
$\chi = (b^{\frac{1}{40}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$....... ..	″
$\chi_1 p = 173° 24'$....... .	173° 20′ mo
$\chi_1 = (b^{\frac{1}{20}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$..........	″
$\chi_2 p = 166° 49'$.........	166° 30′
$\chi_2 = (b^{\frac{1}{10}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$.........	″
$\chi_3 p = 160° 26'$.........	159° 41′ mo
ou bien :	
$\chi_3 p = 159° 39'$.........	

…CES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
… $d^1 d^{\frac{1}{2}}$	″
…bien :	
… $d^1 d^1$ ..	″
… χ, χ_1, χ_2, χ_3, x...	″
…0° 27′........	160° 28′
…cent = 131° 20′..	131° 18′
…71° 8′...........	171° 4′
… $d^1 d^{\frac{2}{3}}$).........	″
… φ, y, et t, φ, $e^{\frac{7}{1}}$...	″
…5° 40′...........	116° 42′
…2° 46′..........	142° 47′
…6° 4′...........	176° 5′
… $b^{\frac{8}{18}}$)........ .	″
…15° 34′..........	115° 28′
…42° 30′..........	142° 29′
…77° 18′..........	177° 15′
… $d^{\frac{8}{7}} b^{\frac{9}{19}}$)..........	″
…4° 38′..........	114° 41′
…42° 16′..........	142° 16′
…78° 20′..........	178° 21′
… $d^{\frac{18}{14}} b^{\frac{18}{31}}$).........	″
…53° 7′..........	″
…69° 43′.........	169° 45′
…36° 4′..........	″
… $d^1 d^{\frac{2}{1}}$).........	″
… Π, u, i, i_1, i_2, e^2.	″
…6° 52′.........	177°
… $d^1 d^{\cdot}$).........	″
…73° 19′.....	173° 20′
… $d^{\cdot} d^{\cdot}$	″
…[illegible] 14	160° 51′ moy.
… $d^{\cdot}$	″
… r, r, r_2, u	″

INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
xp = 157° 21′.	″
$xe^{\frac{7}{1}}$ = 173° 12.. .	172° 30′ env.
$x = (b^{\frac{7}{15}} d^1 d^{\frac{1}{2}})$.	″
zone $e^{\frac{7}{1}}$, θ, x...	″
Θp = 118° 36′ .	″
ou :	
Θp = 119° 23′. .. .	″
Θs = 147° 26′... . ..	147° à 148°
ou :	
Θs = 148° 15′. .	
$\Theta e^{\frac{4}{3}}$ = 177° 41′.. .	177° [illegible]
ou :	
$\Theta e^{\frac{4}{3}}$ = 176° 38′.........	
$\Theta e^{\frac{11}{5}}$ = 122° 26′.. . . .	122° 30′ [illegible]
ou :	
$\Theta e^{\frac{11}{8}}$ = 123° 29′.........	
$\Theta = (d^1 d^{\frac{18}{17}} b^{\frac{9}{14}})$.........	″
ou bien :	
$\Theta = (d^1 d^{\frac{5}{6}} b^{\frac{6}{11}})$.........	″
zone $e^{\frac{11}{6}}$, Θ, $e^{\frac{8}{3}}$... . .	″
$\beta\Lambda$ = 177° 3′........ ..	177° 5′
Λe^3 = 140° 35′	140° 45′
$\Lambda = (d^{\frac{10}{17}} d^{\frac{7}{17}} b^1)$.........	″
zones { β, Λ, e^3	″
zones { p, Λ, $e^{\frac{1}{17}}$	″
pp = 94° 15′............	″
pa^1 = 128° 13′.........	128° environ.
$pe^{\frac{1}{2}}$ = 133° 44′........	133° 44′
$pe^{\frac{1}{2}}$ opp. au som. = 76° 26′.	″
pe^2 ou $e^{\frac{1}{2}} e^2$ lat. = 113° 8′.	″
pd^1 = 132° 53′.........	133°
$b^1 b^1$ adjacent = 124° 41..	″
$pe^{\frac{2}{3}}$ adjacent = 131° 28′	″

INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.	INCIDENCES CALCULÉES.	INCIDENCES observées.
$pe^{\frac{5}{4}}$ adjacent = 130° 45′ . .	"	$e^{\frac{7}{2}} e^{\frac{8}{7}}$ adjacent = 122° 31′	122°
pe^{5} adjacent = 129° 27′. .	"	$e^{\frac{7}{2}} e^{\frac{13}{10}}$ adjacent = 121° 58′.	"
pe^{1} adjacent = 126° 19′. .	"	$e^{\frac{7}{2}} e^{\frac{11}{9}}$ adjacent = 122° 15′.	122° 15′
$pe^{\frac{4}{3}}$ adjacent = 121° 17′. .	"	$e^{\frac{7}{2}} e^{\frac{4}{3}}$ adjacent = 121° 51′.	121° 45′
$pe^{\frac{8}{5}}$ adjacent = 118° 58′. .	"	$e^{\frac{18}{5}} e^{2}$ latéral = 119° 43′. .	"
$pe^{\frac{11}{7}}$ adjacent = 118° 2′. .	"	$e^{\frac{8}{3}} e^{\frac{7}{4}}$ adjacent = 120° 15′.	"
$pe^{\frac{13}{8}}$ adjacent = 117° 21′.	"	$e^{\frac{11}{4}} e^{2}$ latéral = 119° 36′. .	"
$pe^{\frac{5}{3}}$ adjacent = 116° 51′. .	"	$e^{\frac{4}{3}} e^{2}$ latéral = 119° 12′. .	"
$pe^{\frac{11}{6}}$ adjacent = 114° 54′.	"	$e^{\frac{5}{3}} e^{2}$ latéral = 119° 51′. .	119° 35′
$e^{\frac{7}{2}} e^{\frac{4}{5}}$ = 123° 6′	"	$e^{\frac{11}{6}} e^{2}$ latér. = 119° 58′.	"
$e^{\frac{7}{2}} e^{\frac{7}{2}}$ sur l'arête culminante = 66° 12′.	66°	$e^{\frac{13}{8}} e^{2}$ latéral = 119° 48′. .	"
$e^{\frac{7}{2}} a^{\frac{7}{2}}$ ou $e^{\frac{5}{4}}$ = 122° 9′.	122°	$e^{3} e^{\frac{13}{10}}$ adjacent = 121° 28′.	121° 30′
$e^{\frac{7}{2}} e^{\frac{1}{2}}$ adjacent = 122° 28′.	"	$e^{\frac{5}{3}} e^{\frac{11}{5}}$ adjac. = 120° 10′. .	120° 7′
$e^{\frac{7}{2}} e^{2}$ latéral = 118° 55′. .	"		

Macles et groupements.

On peut distinguer dans les cristaux composés du quartz, comme dans ceux des autres minéraux, plusieurs modes d'assemblage, dont les principaux sont les suivants :

1°. Les macles proprement dites, qui se font suivant un plan parallèle à une modification déjà existante, ou simplement possible, dans la cristallisation du minéral ;

2°. Les hémitropies, qu'on peut concevoir, en admettant qu'une partie d'un cristal restant fixe, l'autre partie tourne d'un certain nombre de degrés autour de l'un de ses axes cristallographiques ;

3°. Les groupements par juxtaposition de deux cristaux accolés l'un contre l'autre, ou se pénétrant d'une petite quantité ;

4°. Les enchevêtrements complets résultant de la pénétration intime de deux ou plusieurs individus dont les axes

se confondent et dont les faces de même espèce peuvent êtres parallèles ou en opposition.

C'est surtout dans cette dernière classe que M. Rose a établi avec beaucoup de soin plusieurs variétés sur lesquelles je n'ai pas à revenir ici.

1°. Le seul groupement du quartz auquel on puisse appliquer proprement le nom de macle, tel que je l'ai défini plus haut, se rencontre dans quelques cristaux fort rares du Dauphiné, décrits en 1829 par M. Weiss dans un Mémoire que j'ai cité page 132, et dans de petits cristaux de Munzig en Saxe et du Piémont.

Pour expliquer cette macle, on suppose que deux cristaux prismatiques de quartz sont assemblés par une face parallèle à la modification tangente à une des arêtes culminantes de la pyramide hexagonale qui les termine; l'angle compris entre les axes de ces cristaux est alors égal à 84° 33′.

J'ai donné précédemment les symboles rhomboédrique et hexagonal de cette modification, qui ne paraît avoir été observée jusqu'ici que sur des cristaux d'améthystes d'Oberstein, du lac Supérieur et de l'Uruguay, ainsi que je l'ai dit.

Je n'ai trouvé dans les collections publiques et privées de Paris et de Londres que sept échantillons de la macle de la Gardette en Dauphiné, et je ne crois pas qu'il en existe beaucoup d'autres; tous ces échantillons ont entre eux une grande analogie, qui consiste en ce que les deux individus possédant la même épaisseur, la macle offre un ensemble fortement comprimé suivant les deux faces prismatiques de chaque individu, qui se trouvent sur le même plan. Quant à la surface de partage des deux cristaux, sa projection, visible sur ce plan commun, se compose toujours de zigzags plus ou moins rapprochés, comme l'indiquent les *fig.* 68 et 69, *Pl. II.* Ces zigzags semblent prouver que les cristaux, au lieu de se grouper par une face unie, telle que la conçoit la théorie de leur assemblage, se terminent à leur extrémité inférieure par une foule de petits

sommets qui s'enchevêtrent les uns dans les autres. On sait, du reste, qu'il arrive souvent aux cristaux de quartz à double sommet de se terminer d'un côté par une seule pyramide hexagonale, et de l'autre côté par une série de petites pyramides plus ou moins nombreuses. Certains cristaux des environs de Baréges, dans les Hautes-Pyrénées, et quelques améthystes de Hongrie, nous offrent des exemples de ce phénomène.

Dans les sept échantillons que j'ai eu l'occasion d'examiner, les sommets libres de chaque cristal se composent, comme dans l'exemplaire décrit par M. Weiss, de trois faces p prédominantes et de trois faces $e^{\frac{1}{2}}$ subordonnées; mais je n'ai pu constater d'une manière certaine que sur un seul de ces échantillons le sens gyratoire des deux cristaux qui le composent; or, tandis que M. Weiss a vu une macle formée par un cristal dextrogyre et par un cristal lévogyre, celle qui est représentée par la *fig.* 68, *Pl. II*, et qui appartient à M. Brooke, offre au contraire deux cristaux lévogyres, comme le montre la position des faces rhombes sur le plus grand et sur le plus petit cristal. Dans l'échantillon de M. Brooke, comme dans celui qu'a figuré M. Weiss, c'est d'ailleurs une face p de chaque individu qui se voit au-dessus du plan commun, formé par la réunion des faces e^2 parallèles; les deux cristaux sont donc orientés de la même manière, et leurs faces homologues se regardent.

Si, à défaut des faces rhombes ou plagièdres indiquant positivement la position relative des faces p et $e^{\frac{1}{2}}$ de la pyramide, on admet toujours comme p les plus grandes faces et comme $e^{\frac{1}{2}}$ les plus petites, l'orientation est aussi la même sur un bel échantillon appartenant à M. Roussel, dans lequel le plus grand cristal a exactement le même aspect que celui de la *fig.* 69, sauf qu'il est complet à son extrémité inférieure; cet individu porte aussi une face rhombe et un

plagièdre x, montrant qu'il est dextrogyre; quant au plus petit cristal, qui dans cet échantillon est tourné vers la droite, au lieu de l'être vers la gauche, aucune facette n'indique quel est le sens de sa rotation.

On retrouve encore une disposition identique sur un magnifique échantillon appartenant à M. le marquis de Vibraye, et dans lequel chaque individu a 15 centimètres de hauteur sur 3 $\frac{1}{2}$ d'épaisseur, et 8 à 11 de largeur; il n'existe ici aucune face rhombe ou plagièdre propre à accuser le sens gyratoire des deux cristaux, seulement les faces $e^{\frac{1}{2}}$ se reconnaissent facilement à leur moindre étendue relative, et surtout à la présence du rhomboèdre strié $e^{\frac{7}{4}}$ au-dessous de plusieurs d'entre elles.

Des deux échantillons qui existent au British Museum de Londres, l'un se compose d'un cristal lévogyre et d'un cristal de rotation indéterminée; leur orientation paraît semblable, et si l'on place le cristal lévogyre dans une position verticale, l'autre est couché vers la droite, comme dans les exemplaires de MM. Roussel et de Vibraye; le second échantillon offre un très grand cristal maclé lui-même par enchevêtrement, dont le sommet paraît formé par deux faces $e^{\frac{1}{2}}$ et par quatre faces p et a retournées, contiguës deux à deux; la limite des pénétrations est indiquée sur ces faces par des plages mates situées au milieu de parties brillantes; à la gauche de ce grand cristal est enchâssé un individu plus petit, fort incomplet, et dont quelques faces de rhomboèdres striés peuvent seules indiquer la position des $e^{\frac{1}{2}}$; selon toute probabilité, ce second cristal est encore orienté comme le premier.

Si maintenant nous considérons la macle représentée *fig.* 69, nous y voyons un grand cristal dextrogyre brisé à son extrémité inférieure, et soudé à un cristal un peu moins grand, dirigé vers la gauche, dont aucun plagièdre n'in-

dique la rotation, mais dont les faces p et $e^{\frac{1}{2}}$ peuvent se distinguer par leur grandeur relative et par les deux petits rhomboèdres inverses $e^{\frac{7}{4}}$ et $e^{\frac{7}{4}}$, qui se trouvent au-dessous d'une des faces $e^{\frac{1}{2}}$. Ici, contrairement à ce qu'on remarque sur les cinq échantillons dont je viens de parler, et sur celui de M. Weiss, les deux individus n'ont pas la même orientation, puisqu'une face $e^{\frac{1}{2}}$ de l'un est en regard d'une face p de l'autre.

Enfin, un échantillon moins bien déterminé que les précédents, et qui fait partie de la collection de l'École des Mines, paraît aussi offrir cette différence dans l'orientation des deux cristaux.

Les détails qui précèdent nous conduisent à admettre : 1° que dans la macle du Dauphiné, les deux individus peuvent avoir la même rotation, ou être de rotation contraire; 2° que ces individus offrent tantôt une orientation semblable, tantôt une orientation différente.

J'ajouterai que la pénétration des deux cristaux n'est pas toujours assez complète, pour amener deux de leurs faces e^2 sur le même plan, et qu'il n'est pas rare de rencontrer des cristaux entés l'un sur l'autre, en se pénétrant seulement d'une petite quantité, de manière à offrir deux de leurs faces prismatiques dans une position parallèle l'une à l'autre, et leurs arêtes verticales mutuellement inclinées de 84° 33'.

M. G. Jensch, de Dresde, a fait insérer en 1854, dans le bulletin de la Société Géologique allemande (*Zeitschrift des deutschen geologischen Gesellschaft*), une Notice sur la découverte de cristaux maclés, comme ceux de la Gardette, à Munzig en Saxe; dans cette Notice, on trouve une figure représentant la pénétration incomplète dont je viens de parler, et qui paraît assez commune à Munzig.

Il est donc permis de croire que si la face théorique d'assemblage de la macle du Dauphiné peut être regardée

comme parallèle à la modification $\xi = (d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{1}{5}} b^1)$, rien ne prouve que, dans la nature, l'assemblage se fasse de cette manière : nous avons au contraire des preuves positives de l'existence d'un autre mode de groupement, qui peut également avoir produit cette macle.

Tout le monde sait, en effet, que les plaques à deux rotations du Brésil, dont j'aurai occasion de parler plus loin, offrent, dans la lumière polarisée, une portion dextrogyre et une portion lévogyre, séparées l'une de l'autre par une ligne neutre; cette ligne est parfaitement noire et bordée symétriquement de chaque côté par une série de franges colorées, lorsque l'épaisseur de la plaque est convenable; le même effet se produit dans certains cristaux limpides de New-York, et il se passe là un phénomène tout semblable à celui qu'on fait naître artificiellement, en accolant deux plaques perpendiculaires, d'égale épaisseur et de rotations contraires, par des plans inversement inclinés sur l'axe, de la même quantité que les faces de la pyramide; la ligne noire indique les points où les deux biseaux en contact possèdent exactement la même épaisseur; seulement, il n'est pas toujours possible de distinguer si les assemblages naturels de cette espèce ont lieu sur des faces de la pyramide de mêmes noms ou de noms différents.

Or, supposons qu'un observateur prenne deux cristaux prismatiques de quartz, terminés à chaque extrémité par une pyramide hexagonale; qu'il couche devant lui l'un des deux cristaux, sur une de ses faces verticales, de manière à placer une face p supérieure en avant; le sommet inférieur lui montrera en avant une face $e^{\frac{1}{2}}$, et sur les deux côtés une face p; qu'il place maintenant à peu près horizontales, les arêtes prismatiques du second cristal, orienté, du reste, comme le premier, et qu'il rapproche les deux individus jusqu'au contact; une face p visible du sommet inférieur du premier, pourra alors s'appliquer contre une

des faces $e^{\frac{1}{2}}$ invisibles du sommet inférieur du second, de manière à ce que deux faces e^2 se trouvent sur le même plan, si les cristaux ont la même épaisseur, ou dans des plans parallèles, s'ils sont d'épaisseur différente; il suffira pour cela que l'arête inférieure $\frac{e^2}{p}$ du premier cristal soit parallèle à l'arête inférieure $\frac{p}{e^{\frac{1}{2}}}$ du second; car une fois cette condition remplie, les deux faces p et $e^{\frac{1}{2}}$ en contact font partie d'une même zone qui, outre les arêtes pyramidales extérieures du sommet supérieur de chaque cristal, contient aussi tous les plans symétriquement situés sur ces arêtes; l'un de ces plans est précisément la modification ξ, dont il a été question plus haut. L'angle formé par les axes et par les arêtes prismatiques des deux individus sera donc égal à 84° 33′, et les faces homologues de leurs sommets supérieurs se correspondront comme dans l'échantillon *fig.* 68.

Pour produire la macle de deux cristaux inversement orientés, représentée par la *fig.* 69, il suffira, tout en remplissant les conditions de parallélisme exposées ci-dessus, de laisser le premier cristal dans la même position que précédemment et de placer en avant une face $e^{\frac{1}{2}}$ du sommet supérieur du second; le contact aura lieu alors entre une face p visible, du sommet inférieur du premier cristal, et une des deux faces p, du sommet inférieur du second, invisibles pour l'observateur.

2°. L'hémitropie produite par une portion de cristal prismé de quartz, tournant autour de l'axe vertical pendant que l'autre portion reste fixe (1), paraît beaucoup moins

---

(1) Cette rotation autour de l'axe vertical est la manière la plus simple d'expliquer l'hémitropie, mais elle n'est pas la seule admissible; en effet, si l'on suppose d'abord l'une à côté de l'autre, deux moitiés de cristaux semblables, orientés de la même manière et se touchant par une face du prisme e^2, il suffira que l'une des deux restant fixe, l'autre tourne autour

rare que le macle à axes inclinés; ainsi, ce phénomène se présente assez souvent dans les cristaux extraits du marbre de Carrare, dans les cristaux de Traverselle et dans quelques cristaux du Valais. Il est probable qu'on le retrouverait dans d'autres localités, si les cristaux à deux sommets étaient plus communs. Dans les échantillons que j'ai examinés, si l'on admet que la rotation se fasse autour de l'axe vertical, cette rotation est de 60 degrés, ainsi que le prouvent : le cristal de Carrare *fig.* 62, *Pl. II*, qui porte un prisme symétrique interrompu sur des arêtes verticales contiguës; le cristal de Traverselle *fig.* 7, *Pl. I*, et le cristal du Valais *fig.* 47, *Pl. II*. Le plus souvent, l'hémitropie a lieu entre deux portions de cristaux de même rotation, comme cela se voit sur les cristaux que je viens de citer; dans d'autres cas très-rares, elle résulte de la combinaison de deux parties de rotation contraires, comme sur le cristal *fig.* 35.

3°. Les groupements par juxtaposition de deux cristaux sont très-communs dans les améthystes du Brésil, où les deux individus sont plus ou moins profondément engagés l'un dans l'autre, ainsi que l'a fait remarquer M. G. Rose. J'ai aussi trouvé ce mode d'assemblage dans beaucoup d'autres localités, et notamment sur des cristaux incolores de Baréges, du Valais, du Brésil et du comté de New-York.

Le plus souvent le groupement se fait suivant une face verticale du prisme hexagonal, comme le représente la

---

d'une normale à la face de contact, et que ces deux moitiés s'ajustent l'une au-dessous de l'autre, pour que les faces de même nom des deux sommets opposés soient séparées par une face verticale commune; la même disposition aurait également lieu, si les deux moitiés de cristaux juxtaposées se touchant d'abord par une arête verticale et ayant leurs faces pyramidales de noms contraires, parallèles, on faisait décrire à l'une de ces parties une demi-circonférence autour d'une ligne perpendiculaire au prisme d^1.

Ces considérations sont applicables, non-seulement à l'hémitropie proprement dite, mais aussi aux macles par enchevêtrement complet, dont il va être question un peu plus loin.

fig. 34 de Rose, de sorte que, lorsque les cristaux ont leurs deux sommets, ils offrent, en opposition, d'un côté deux de leurs faces $e^{\frac{1}{2}}$, et; de l'autre côté, deux de leurs faces *p*. Plusieurs plaques extraites par M. Soleil fils, de cristaux incolores du Brésil, m'ayant paru, dans la lumière polarisée, se comporter comme le ferait une lame parfaitement perpendiculaire à l'axe du cristal, séparée, tantôt par un plan très-net, tantôt par une surface plus ou moins ondulée d'une autre lame légèrement inclinée sur cet axe, j'ai été conduit à rechercher si, dans ce genre de groupements, les axes des deux individus étaient généralement parallèles, ou s'ils formaient entre eux des angles variables. L'observation d'un grand nombre d'échantillons m'a fait voir qu'on pouvait les ranger dans deux catégories qui prouvent que la juxtaposition des deux individus n'a pas lieu suivant une règle constante. En effet, dans certains cas, il y a une zone parfaite entre les deux faces du prisme hexagonal, parallèles au plan de jonction, et les rhomboèdres *p* et $e^{\frac{1}{2}}$, situés, pour chaque cristal, au-dessus et au-dessous de ces faces; dans d'autres cas, il est impossible de faire réfléchir successivement les six faces qui doivent former la zone parallèlement à une même ligne horizontale: cette zone n'existe donc pas : la mesure des échantillons de la première catégorie offrant seule quelque intérêt, je vais indiquer les principaux nombres que j'ai obtenus : l'angle compris entre les faces $e^{\frac{1}{2}}$ ou *p*, de deux cristaux dont les axes seraient rigoureusement parallèles, est égal à 76°26', d'après les mesures de Kuppfer.

Un groupe court, assez gros, du Valais, m'a donné 76°34'; comme les faces $e^{\frac{1}{2}}$ de ce cristal composé sont ondulées, et qu'on ne peut mesurer leur inclinaison qu'en isolant leurs parties les plus nettes, il est possible qu'il présente le cas extrêmement rare où les axes sont exactement parallèles.

Un petit groupe limpide de New-York, à deux sommets, ayant des faces $e^{\frac{1}{2}}$ unies et miroitantes et des faces p ondulées, m'a donné pour l'angle $e^{\frac{1}{2}} : e^{\frac{1}{2}}$, le nombre 75° 36′, moyenne de trois mesures très-rapprochées, et, pour l'angle opposé $p : p$, un nombre compris entre 76° 21 et 77 degrés, mais très-incertain, à cause des doubles réflexions qu'on ne peut éviter sur les faces p.

Deux autres petits groupes de la même localité m'ont fourni, pour $e^{\frac{1}{2}} : e^{\frac{1}{2}}$, des angles de 74° 5′ et 74° 45′.

Un groupe pénétré d'antimoine sulfuré capillaire, probablement du Brésil, a donné 78° 3′;

Un groupe chlorité du Valais, 77° 40′.

Une améthyste groupée du Brésil a fourni 74° 38′.

Deux autres améthystes accolées ont donné, l'une 74° 45′, et l'autre 75° 15′.

On voit donc que, même dans le cas où les faces $e^{\frac{1}{2}}$ des deux cristaux groupés appartiennent à une même zone, leur inclinaison mutuelle est très-variable, et que leur groupement obéit à une loi qui, loin d'offrir une rigueur mathématique, est susceptible d'admettre des oscillations considérables.

Le second genre d'assemblage par accolement se produit lorsque deux cristaux se pénètrent incomplétement, en restant orientés de la même manière, et présentant leurs faces homologues dans des positions à peu près parallèles : ces pénétrations sont surtout communes parmi les améthystes du Brésil. Il suffit de faire miroiter à la lumière les faces de même nom des deux individus accolés pour voir que leur parallélisme n'est pas rigoureux; on doit donc encore ranger ces assemblages parmi les groupements qui ont une simple tendance vers la régularité.

4°. Nous arrivons maintenant aux enchevêtrements complets des cristaux dont la pénétration ne se trahit plus à l'extérieur que par des stries discordantes, des brisures ou

des taches dépolies sur les faces du sommet et du prisme comme dans les cristaux de Suisse, du Dauphiné et de beaucoup d'autres localités, ou par de petits rhomboèdres entre-croisés et interrompus, comme dans les cristaux de Traverselle. Ces enchevêtrements peuvent offrir des variétés infinies, dans l'orientation et la grandeur relative des faces de leurs composants et dans les limites qui séparent ces faces entre elles; on peut dire cependant qu'en général les axes des cristaux complétement enchevêtrés sont le plus généralement parallèles, et que les faces culminantes des composés ne présentent pas des différences de niveau trop sensibles.

Ce sont surtout des cristaux de cette dernière catégorie qui m'ont fourni les plaques dont j'ai étudié les propriétés optiques, que j'ai cherché à rendre visibles pour tout le monde au moyen de la photographie. Les principales localités dont les échantillons ont été examinés à ce point de vue sont les suivantes : le Haut-Valais, Carrare, le Dauphiné, Traverselle, le département de l'Aude, plusieurs provinces d'Espagne, Buxton en Derbyshire, le comté de New-York et le Brésil.

Voici comment j'avais choisi les cristaux du Valais dont j'ai fait tailler des plaques perpendiculaires à l'axe :

1°. Un cristal portant le plagièdre x droit, sur les six angles du prisme hexagonal, et n'offrant, par conséquent, à son sommet que des faces p et a, mouchetées par de petites portions de faces $e^{\frac{1}{2}}$.

2°. Deux cristaux portant le plagièdre x droit, sur cinq angles contigus, et montrant, tant sur les faces de la pyramide que sur celles du prisme hexagonal, de nombreux indices de pénétrations.

3°. Deux cristaux avec x droit, sur quatre angles solides, dont trois contigus, faisant voir de nombreuses stries interrompues sur les faces verticales.

4°. Un cristal offrant x gauche sur trois angles contigus

et des stries profondes et interrompues sur les faces du prisme.

5°. Un cristal portant x gauche sur trois angles solides, dont deux contigus, avec des brisures sur les faces du sommet, et des stries discordantes sur les faces latérales.

6°. Deux cristaux où le plagièdre x droit était régulièrement placé sur trois angles solides alternes, mais dont les faces culminantes aussi bien que les faces verticales portaient des brisures et des stries, rendant probables des pénétrations plus ou moins régulières.

7°. Enfin, un cristal ne portant x droit que sur un seul angle solide, et offrant à son sommet des faces p et $e^{\frac{1}{2}}$ reconnaissables, avec des indices non équivoques, sur toute l'enveloppe extérieure, de groupements intérieurs très-nombreux.

J'avais ainsi réuni les conditions les plus variées que peuvent présenter les enchevêtrements complets, et s'il existait une relation appréciable entre ces enchevêtrements et les propriétés optiques, je pouvais espérer que j'arriverai à la constater : malheureusement, mon espoir a été en partie déçu; car ce ne sont pas les plaques extraites des cristaux en apparence les plus compliquées, qui manifestent les phénomènes les plus complexes dans la lumière polarisée, et il n'y a aucune comparaison à établir sous ce rapport, entre les plaques n° 1 et n° 7, par exemple.

J'ai seulement pu constater, par l'examen de ces échantillons et de plusieurs autres, une propriété qui paraît commune à tous les cristaux composés du Valais : cette propriété consiste en ce que chaque cristal est formé par des individus de même rotation, dont les axes se confondent, ou sont exactement parallèles; en effet, aucun ne présente, dans la lumière polarisée, rien d'analogue aux parties neutres qui décèlent la superposition d'individus d'épaisseur égale et de rotation contraire, et les plaques parfaite-

ment perpendiculaires à l'axe cristallographique, examinées normalement à un rayon de lumière blanche polarisée, ne transmettent qu'une teinte uniforme à l'analyseur, quel que soit l'azimut dans lequel on le place; mais pour peu qu'on les incline sur la direction du rayon lumineux, on voit aussitôt apparaître des flammes triangulaires allongées offrant le mélange des couleurs les plus variées; ces flammes sont plus ou moins régulières et plus ou moins nombreuses; leur pointe se dirige toujours vers le centre, et leur base vers les six côtés de la plaque, où elle paraît généralement en rapport avec les fentes et les interruptions extérieures, qui indiquent les limites des individus enchevêtrés.

Des dix cristaux du Haut-Valais, dont j'ai fait mention ci-dessus, c'est le cristal n° 7, à un seul plagièdre, qui produit le moirage le plus complet, et en même temps le plus régulier, sans pourtant que cette régularité ait rien d'assez précis pour que le dessin puisse en donner une idée nette; aussi, désirant montrer à tous les yeux de quel genre sont ces phénomènes, j'ai essayé à plusieurs reprises d'obtenir une image photographique des effets produits par la plaque n° 7, mais je n'ai jamais pu y parvenir d'une manière convenable. Cet insuccès provient sans doute de ce que, tout en faisant varier l'inclinaison de la plaque et la position de l'analyseur, on ne peut pas faire prendre aux flammes intérieures des teintes assez différentes, pour que leurs bords, très-vaguement indiqués, impressionnent suffisamment la couche sensible, et se distinguent ainsi du fond uniforme produit par leur mélange. La cause qui fait naître ces couleurs est d'ailleurs facile à expliquer; car, en inclinant sur le rayon polarisé des plaques composées d'une multitude de pièces rapportées, il est évident qu'on fait varier insensiblement l'épaisseur de ces pièces, et qu'elles doivent donner, par la fusion des teintes de leurs anneaux colorés, des combinaisons changeant à chaque mouvement.

Une plaque de ce genre, soumise à l'acide fluorhydrique

étendu, subit une attaque qui produit sur les surfaces polies des moirages correspondants aux enchevêtrements intérieurs. D'après M. Leydolt, ces moirages sont dus à ce que la lumière est réfléchie, sous diverses inclinaisons, par les faces de très-petits angles trièdres creux, orientés tantôt dans deux, tantôt dans quatre directions différentes, par rapport aux faces du prisme et à celles de la pyramide hexagonale. Le Mémoire que j'ai cité page 223 contient plusieurs dessins copiés d'après nature, qui montrent bien la disposition des plaques préparées de cette manière; mais la meilleure méthode pour étudier la structure de ces plaques, consiste à prendre l'empreinte de leurs moirages, à l'aide d'une couche suffisamment épaisse de colle de poisson ou de collodion; ces empreintes, qui, dans le cas où l'on aurait à faire à des cristaux opaques, remplacent avantageusement un examen optique impossible, peuvent être soumises aux recherches microscopiques les plus minutieuses, ainsi que j'ai pu m'en assurer sur quelques exemplaires que M. Leydolt a bien voulu m'envoyer.

Les cristaux extraits du marbre de Carrare ont assez souvent une forme extérieurement simple; on en trouve cependant aussi un certain nombre qui sont hémitropes autour de l'axe vertical, et d'autres qui portent sur les faces de la pyramide ou sur celles du prisme hexagonal, des stries ou des interruptions analogues à celles qui, dans les cristaux du Haut-Valais, annoncent un groupement de plusieurs individus; deux cristaux de cette dernière variété, taillés perpendiculairement à leur axe, m'ont donné, comme les cristaux du Valais, une teinte uniforme, lorsqu'on les place normalement à la direction d'un rayon polarisé, et des moirages triangulaires partant des bords et aboutissant au centre de la plaque, lorsqu'on les incline sur ce rayon. Une de ces plaques paraît en outre avoir une petite plage très-irrégulière, où la rotation serait détruite.

Les cristaux du Dauphiné sont très-souvent des cristaux

composés, ainsi que l'a fait remarquer depuis longtemps M. Haidinger, et ensuite M. G. Rose; les pénétrations se trahissent généralement par des parties mates et des parties brillantes, sur les faces du sommet; quoique M. Rose ait cité dans son Mémoire un cristal de cette localité portant le plagièdre x, à droite et à gauche d'une face verticale e^2, on peut dire que ce fait est excessivement rare, et que presque toujours ces cristaux paraissent extérieurement formés par des individus de même rotation; mais il n'en est pas de même lorsqu'on examine leur structure intérieure.

Mes observations ont porté d'abord sur une plaque extraite d'un groupement composé d'un gros cristal très-prédominant, et d'un cristal beaucoup plus petit, fortement engagé dans le premier; le plus gros avait toutes les faces de son sommet éclatantes, et il portait le rhombe s, et le plagièdre x gauche sur un seul angle solide; le plus petit laissait encore voir une portion de face x gauche, quoique ses autres faces culminantes eussent entièrement disparu. Cette plaque offrait un centre homogène; mais parallèlement à trois de ses côtés, la lumière polarisée y développait des bordures noirâtres, formées par une réunion de triangles équilatéraux, dans lesquels la rotation était à peu près rigoureusement nulle; ces triangles neutres ayant leurs côtés respectivement parallèles aux trois faces prismatiques situées au-dessous des faces primitives p, leur production s'explique très-bien par l'enchevêtrement, suivant des plans parallèles à ces faces p, d'une pyramide trièdre d'une épaisseur convenable, et d'une rotation contraire à celle de la masse où elle est noyée. C'est ce phénomène que nous trouverons développé au plus haut degré, et avec une grande régularité, dans les cristaux limpides du Brésil, dans ceux de New-York, et dans les améthystes, comme je le ferai voir un peu plus loin.

J'ai pris ensuite une plaque dans un cristal extérieu-

rement simple, dont le sommet se composait de trois faces p brillantes, mais parsemées de petites aspérités triangulaires, et de trois faces $\overset{1}{e^2}$ très-unies; ce cristal offrait le rhombe s et le plagièdre x gauche sur un seul angle solide. La plaque qui en a été extraite, vue perpendiculairement au rayon polarisé, montre un centre homogène, et sur quatre de ses côtés, des bordures de triangles neutres, avec quelques flammes aiguës, de même rotation que la masse, et faisant saillie en avant de ces bordures; si on l'incline sur la direction du rayon, on voit dans toute son étendue, à travers les couleurs produites par l'élargissement des anneaux, des séries de lignes foncées, parallèles aux trois côtés au-dessus desquels sont les faces p : ces lignes déterminent pas leurs intersections des triangles équilatéraux qu'on peut considérer comme la coupe, par un plan horizontal, de lames superposées correspondant aux trois faces p.

Enfin, j'ai fait tailler un cristal d'apparence simple, portant le rhombe gauche sur trois angles solides alternes, et offrant un sommet dont les trois faces p étaient brillantes, mais parsemées de petites excroissances arrondies, tandis que ses faces $\overset{1}{e^2}$ étaient parfaitement unies.

La plaque tirée de ce cristal, malgré sa simplicité géométrique, renferme encore des lames de rotations inverses, qui produisent sur deux de ses bords des rangées de petits triangles neutres; quant au centre, qui paraît à peu près homogène dans une direction normale au rayon polarisé, il perd cette apparence lorsqu'on incline la plaque sur ce rayon; il montre alors quelques moirages analogues à ceux des cristaux du Valais, et surtout les triangles foncés représentant la coupe des lames parallèles au rhomboèdre primitif.

L'examen des deux dernières plaques du Dauphiné prouve bien la réalité de ce fait, sur lequel on ne saurait

trop insister : c'est que des cristaux géométriquement simples peuvent offrir des pénétrations internes tout à fai inappréciables à l'extérieur, par de simples caractères cristallographiques, et qu'un cristal de quartz homogène dans toute sa masse est une des plus grandes raretés minéralogiques connues.

J'ajouterai que contrairement aux lois ordinaires de l'accroissement des cristaux, que nous voyons habituellement se faire, dans nos laboratoires, par une superposition de couches successives, les échantillons de la plupart des localités, et principalement ceux du Valais, m'ont presque toujours montré un noyau central d'une certaine étendue, à peu près homogène; autour de ce noyau règne une enveloppe plus ou moins épaisse, formée par des parties cunéiformes, de dimensions très-variées, enchevêtrées les unes dans les autres, comme le seraient les pièces d'une marqueterie limitée par un contour hexagonal invariable. Il semble donc que la cristallisation de ces groupes complexes, après avoir commencé régulièrement, a été interrompue à partir d'un certain moment, où la croûte extérieure s'est formée sous l'empire de circonstances différentes de celles qui avaient présidé à la naissance du noyau intérieur; ou bien, que des influences perturbatrices sont venues déranger l'équilibre des molécules de cette croûte, avant son développement complet, et que l'ébranlement causé par ces influences n'a pu s'étendre jusqu'à la partie centrale, déjà consolidée.

Les cristaux de Traverselle m'ayant offert des particularités cristallographiques très-remarquables, j'ai dû examiner avec soin leurs propriétés optiques; j'en ai donc fait tailler un grand nombre (1), et j'ai photographié les phénomènes

(1) Les cristaux de Traverselle étant toujours très-petits, il est difficile de les faire couper bien perpendiculairement à l'axe; cette difficulté a été heureusement vaincue par M. Bertaud, qui est parvenu à polir des plaques très-sensiblement perpendiculaires dont le diamètre ne dépassait pas 2 mil-

les mieux prononcés que quelques-uns m'ont présentés dans la lumière polarisée. Malheureusement, le procédé de gravure par la lumière, sur lequel j'ai donné quelques détails au commencement de mon Mémoire, n'a pas toujours complétement répondu à mon attente, et plusieurs des figures de la *Pl. IV*, obtenues par ce procédé, sont bien moins nettes que les photographies elles-mêmes : je vais tâcher de remplacer par la description ce qui manque encore aux résultats de la découverte de MM. Garnier et Salmon.

La *fig.* 1, *Pl. IV*, montre l'apparence d'une plaque extraite du cristal *fig.* 4, *Pl. I*; j'ai fait voir, pages 145 et suivantes, en discutant l'existence du rhomboèdre $e^{\frac{10}{17}}$ que, selon toute probabilité, ce cristal était géométriquement simple; or la plaque qui en provient, vue normalement au rayon polarisé, paraît composée de la manière suivante : une partie centrale, à peu près homogène, est formée par la réunion de trois secteurs de 120 degrés possédant la même rotation; chacune des lignes de séparation de ces secteurs vient aboutir au sommet d'un petit triangle équilatéral, dont la base est le commencement d'une série de lignes foncées, parallèles entre elles, et aux trois côtés de l'hexagone, situé au-dessous des faces $e^{\frac{1}{2}}$; la longueur de ces lignes va en augmentant jusqu'à ce qu'elle atteigne celle des côtés eux-mêmes. Parallèlement aux trois autres côtés, situés au-dessous des faces p, sont d'autres séries de lignes foncées qui viennent rencontrer les premières; enfin, dans l'encadrement hexagonal formé par ces deux séries de lignes, autour des secteurs centraux, on voit de petites flammes triangulaires, assez irrégulières, dans lesquelles une partie

---

limètres; une disposition particulière de l'appareil de M. Dubosq, destiné à projeter les objets éclairés par la lumière electrique, m'a permis d'obtenir les images photographiques amplifiées, des effets que la lumière polarisée produit dans ces petites plaques.

de la rotation générale de la plaque est neutralisée par une combinaison de lames de rotations inverses. Les secteurs de 120 degrés dont je viens de parler, représentent géométriquement la projection sur le plan horizontal des trois faces primitives p, et ils sont sans doute produits par une superposition de lames parallèles à ces faces, tout à fait particulière jusqu'ici aux cristaux de Traverselle; je ferai, en effet, voir plus loin que les secteurs analogues décrits par M. Haidinger dans quelques échantillons d'améthyste ne peuvent pas être expliqués de la même manière.

Quant aux lignes foncées parallèles aux six côtés de la plaque, il est certain que la série correspondante aux trois côtés situés sous les faces p supérieures, indique des lames parallèles à ces faces; mais il est impossible de dire si la série correspondante aux trois autres côtés est la projection de lames parallèles aux faces p inférieures, ou aux faces $e^{\frac{1}{2}}$ supérieures.

La *fig.* 2, *Pl. IV*, représente les phénomènes optiques d'une plaque appartenant au cristal d'apparence simple, dont la forme extérieure a été dessinée sous le n° 8, *Pl. I*. Ces phénomènes sont tout à fait analogues à ceux de la plaque précédente; seulement la partie centrale formée par les trois secteurs de 120 degrés est beaucoup moins étendue, tandis que la bordure des lignes foncées, parallèle aux six côtés de l'hexagone et traversée par les flammes triangulaires à rotation presque nulle, a pris beaucoup de développement. Il n'y a d'ailleurs ici, non plus que ci-dessus, aucune preuve directe que les lignes parallèles à trois côtés alternes de la plaque, avec les triangles sans rotation qui les traversent, annoncent des lames parallèles aux faces p du sommet inférieur, plutôt qu'aux faces $e^{\frac{1}{2}}$ du sommet supérieur.

Le cristal *fig.* 36, *Pl. II*, dont la forme extérieure est très-nette et paraît simple, a aussi été taillé. Son apparence

dans la lumière polarisée est exactement la même que celle du cristal *fig.* 4, *Pl. I;* les mêmes phénomènes se sont encore reproduits avec plus ou moins de netteté sur trois autres cristaux géométriquement simples, de sorte qu'il est permis de les étendre à tous les cristaux non maclés de Traverselle.

La *fig.* 3, *Pl. IV*, a été obtenue dans la lumière polarisée avec une plaque coupée perpendiculairement à l'axe d'un cristal à pénétration extérieurement visible; l'influence de ces pénétrations se fait bien sentir dans cette figure, où les secteurs de 120 degrés des plaques précédentes sont remplacés par de grands triangles équilatéraux, ayant leur sommet au centre et leur base sur les côtés de l'hexagone. Deux seulement de ces triangles présentent une grande régularité; les autres sont moins nettement définis. Autour de la plaque règne encore une bordure de hauteur variable, formée par des triangles à rotation à peu près nulle.

La *fig.* 4 est l'image photographique des phénomènes optiques d'une plaque appartenant au cristal *fig.* 13, *Pl. I*, dont les enchevêtrements sont très-distinctement accusés à l'extérieur; les six triangles dont se compose cette image sont nettement définis, et l'on voit que si les contours de la plaque étaient plus réguliers, chaque côté de l'hexagone se confondrait à peu près avec la base d'un triangle équilatéral. Ces triangles ne sont pas parfaitement homogènes dans toute leur étendue, ce qu'on reconnaît facilement en faisant tourner l'analyseur dans différents azimuts, et leur rotation, qui est partout de même sens, se trouve plus ou moins complétement annulée dans les parties voisines de leur base.

Des plaques tirées de cinq autres cristaux évidemment composés, ayant été soumises à un rayon de lumière polarisée, m'ont fourni des images rentrant toutes dans celles que représentent les *fig.* 3 et 4 que je viens de décrire; je

me crois donc en droit de conclure que tous les cristaux enchevêtrés de Traverselle sont formés à peu près de la même manière que ceux auxquels se rapportent ces figures, et qu'il est toujours facile de les distinguer des cristaux simples de la même localité.

J'ai déjà dit, page 220, en décrivant l'isocéloèdre ξ, que les cristaux vulgairement connus sous le nom d'*hyacinthes de Compostelle*, loin d'offrir la structure simple que ferait supposer leur forme extérieure, étaient au contraire intérieurement assez complexes; tous les échantillons de cette variété ne sont pas propres à manifester cette structure, à cause de l'opacité de leur centre. On sait, en effet, que ces cristaux se trouvent au milieu des gypses du terrain crétacé et liasique, et que leur couleur est celle de la roche au sein de laquelle ils se sont formés; ainsi les gypses rouges contiennent des quartz rouges, les gypses roses des quartz roses, et les gypses blancs des quartz laiteux. Le plus souvent la matière colorante est disposée en couches hexagonales concentriques formant un noyau opaque entouré par une croûte transparente, et alors il n'y a rien à espérer de ces échantillons; mais lorsque les cristaux sont incolores ou simplement d'une couleur rosée dans toute leur masse, on peut en tirer des plaques suffisamment transparentes pour être examinées à l'aide d'un appareil de polarisation.

La *fig.* 5, *Pl. IV*, représente l'aspect, dans un faisceau polarisé de rayons parallèles, d'une plaque prise perpendiculairement à l'axe, au milieu d'un cristal transparent, d'une teinte rosée, provenant des gypses du terrain crétacé du département de l'Aude. Cette plaque se compose de trois parties cunéiformes de rotation gauche, et de trois autres parties de rotation droite, comme l'indique le sens des flèches sur la figure. Ces six parties, où l'on peut distinguer deux séries de lames se rencontrant sur les diamètres qui joignent les angles de la coupe hexagonale, correspondent aux six

angles de cette coupe, et elles sont séparées les unes des autres par de petits espaces presque entièrement neutres, aboutissant au milieu des six côtés. La limite des espaces neutres a lieu par des contours vagues et mal définis: aussi la lumière polarisée convergente n'y fait-elle guère voir que des croix noires, et les spirales y sont-elles limitées à quelques points très-rares. Tous les cristaux du département de l'Aude que j'ai fait tailler, et une partie de ceux des gypses du terrain liasique d'Espagne, assez transparents pour être soumis au microscope d'Amici, m'ont offert des phénomènes plus ou moins réguliers, présentant toujours beaucoup d'analogie avec la *fig.* 5; leur structure est donc toute particulière, car les hexagones concentriques qu'on voit sur cette figure ne peuvent annoncer que des lames parallèles, soit aux six faces d'une seule pyramide, soit aux six faces *p* des deux sommets inférieur et supérieur; or la disposition des parties neutres et celle des secteurs dont la rotation est reconnaissable, semble prouver que chacune de ces lames se compose par moitié d'une portion lévogyre et d'une portion dextrogyre.

Les *fig.* 6 et 7, *Pl. IV*, n'offrent pas tout à fait le même arrangement que la *fig.* 5; les secteurs neutres dans ces figures sont en effet fortement dilatés en forme de triangles arrondis, dont les bases occupent trois des côtés de l'hexagone; quant aux parties où la rotation est appréciable, elles correspondent aux trois autres côtés, et comme elles s'étendent jusqu'au centre de la plaque, elles isolent complétement les trois secteurs neutres les uns des autres. Ce sont encore les croix noires qui se manifestent presque exclusivement, lorsque les parties neutres sont traversées par un faisceau de rayons polarisés convergents; les plaques qui ont fourni ces figures appartiennent à des cristaux incolores ou faiblement rosés, d'une forme entièrement semblable aux hyacinthes d'Espagne et du département de l'Aude, mais qui proviennent de Buxton, en Derbyshire, où on les

trouve dans les argiles d'un terrain trappéen. Si l'on considère les faces dominantes de leurs sommets comme appartenant au rhomboèdre primitif p, les lames qui forment les plages où la rotation est sensible seraient parallèles à ce rhomboèdre, tandis que celles qui produisent les secteurs neutres correspondraient aux faces $e^{\frac{1}{2}}$. C'est précisément le contraire de ce qui s'observe dans l'améthyste, comme je le dirai plus loin.

La *fig.* 8, *Pl. IV*, qui se rapporte à une plaque coupée dans un cristal enfumé à deux faces rhombes contiguës, représenté par la *fig.* 33, *Pl. I*, indique un enchevêtrement très-irrégulier d'individus de rotations contraires; cette plaque ayant déjà été décrite, page 158, en parlant du rhombe s, j'ajouterai seulement que dans des rayons convergents de lumière polarisée, certains points de ses parties sans rotation, désignées par la lettre N, offrent des spirales très-nettes, tantôt droites, tantôt gauches; ce qui indique dans ces points la superposition, par un plan très-probablement parallèle aux faces p, de lames suffisamment épaisses, possédant des rotations contraires. Les autres points des plages neutres ne donnent que la croix ordinaire, telle qu'on la connaît dans quelques améthystes, ce qui tient sans doute à la très-petite épaisseur des lames inverses dans ces parties.

Quant aux cristaux limpides de Little-Falls, dont j'ai également dit un mot à la page 163; leurs phénomènes optiques demandent quelques explications. M. Joy, jeune chimiste américain, ayant bien voulu mettre à ma disposition un grand nombre de cristaux de cette localité, j'en ai choisi trois qui portaient le rhombe s, sur plusieurs angles contigus, et je les ai fait polir par les deux bouts. Les deux plus petits cristaux soumis à l'appareil de Noremberg ou au microscope d'Amici, dans la lumière parallèle, ne présentent que des effets peu marqués; on y distingue avec peine un ou deux triangles équilatéraux qui embrassent la

plus grande partie de la section hexagonale, et dont les côtés noirâtres sont parallèles aux trois faces culminantes *p*. Les deux rotations contraires y sont tellement en équilibre, qu'on aperçoit seulement des traces de chacune d'elles dans quelques points très-restreints de cette section; mais lorsqu'on substitue des faisceaux de rayons convergents aux rayons parallèles, on fait naître immédiatement les spirales les plus régulières qui se puissent imaginer. Le troisième cristal, un peu plus gros que les deux autres, poli à des distances très-inégales de ses deux sommets, produit encore le phénomène des spirales; seulement elles ne se manifestent que suivant la direction d'une large ligne neutre, parfaitement reconnaissable dans la lumière parallèle, quoique terminée par des contours assez vagues; examinée au microscope, cette ligne paraît être un assemblage, à bords dentelés, de petits triangles sans rotation, dont les côtés correspondent toujours aux faces primitives *p*, et qui semblent annoncer que la surface d'assemblage n'est pas parfaitement uniforme. En inclinant l'échantillon dans la direction de la ligne neutre, on voit se produire les mêmes franges que dans les plaques artificielles à deux rotations; quant à la direction suivant laquelle se fait l'assemblage, elle est exactement parallèle aux faces *p*, comme le démontre le croquis *fig.* 71, *Pl. III*, qui représente une coupe verticale du cristal en question; ce cristal ayant été partagé en deux plaques d'inégale épaisseur, suivant la ligne GD, la plaque supérieure offre une grande plage lévogyre et une très-petite plage dextrogyre, avec spirales gauches très-nettes, suivant la ligne *ss*. Dans la plaque inférieure, c'est au contraire la rotation droite qui occupe la plus grande étendue, et les spirales de même sens que les premières se voient en $s's'$; les deux plaques réunies montrent les spirales en SS. Or, en marquant sur les surfaces polies supérieures des deux plaques le points *s* et s', on peut construire géométri-

quement la ligne *ss'*, parallèle en même temps à la ligne neutre NN et à la face *p*.

Nous passons maintenant aux plaques incolores du Brésil, qui présentent à la fois, dans leurs groupements intérieurs, une variété et une régularité très-remarquables, mais qui ont généralement appartenu à des cristaux dont je n'ai pu déterminer les formes cristallographiques.

Ces cristaux étant depuis longtemps employés par les opticiens pour la construction de divers appareils de physique, leur structure a déjà donné lieu à des remarques très-curieuses, et c'est parmi eux que M. Herschel a découvert les échantillons à deux rotations opposées. J'ai déjà dit que la disposition de ces échantillons est facile à expliquer, puisque, comme l'a fait voir M. Soleil il y a une dizaine d'années, on peut la reproduire en appliquant l'une contre l'autre deux plaques d'égale épaisseur et de rotations contraires, suivant un plan parallèle à une face de la pyramide supérieure pour la première, et à une face de la pyramide inférieure pour la seconde. En reprenant l'examen d'un grand nombre de plaques naturelles de cette espèce, j'ai vu que le phénomène était susceptible de diverses modifications, dont je vais indiquer les principales.

La *fig.* 9, *Pl. IV*, représente l'image d'une plaque, traversée normalement par un faisceau de rayons parallèles polarisés. Cette image offre à sa gauche de nombreux parallélogrammes, dont les côtés comprennent entre eux des angles de 150 et de 30 degrés, et dont l'aire présente des teintes plates de couleurs très-variées, quoique possédant toutes la même rotation. Tous ces parallélogrammes ont un de leurs côtés parallèles à la ligne AB, suivant laquelle il se produit une série de franges colorées, très-nombreuses et très-serrées, lorsqu'on incline la plaque dans la direction de cette ligne; l'autre côté, qui ne fait voir de franges dans aucune position, peut être considéré comme la projection

sur un plan horizontal, représenté ici par la face polie, de la ligne d'intersection de deux lames qui se couperaient sous un angle de 120 degrés, et qui seraient inclinées en sens contraire sur l'axe vertical. Or il existe dans la plaque *fig.* 9 des lames qui remplissent ces deux conditions ; car indépendamment de la série de franges dont je viens de parler, on en voit une seconde beaucoup moins complète, et présentant de larges interruptions, qui fait, avec la première, un angle de 120 degrés, et qui se prolonge dans la partie de droite, dont il sera question tout à l'heure. Quoique les contours de la plaque *fig.* 9 ne permettent pas de reconnaître à quels côtés correspondaient les faces p et $e^{\frac{1}{2}}$, la comparaison de cette plaque avec les échantillons de New-York porte à croire que la première série de franges annonce une ou plusieurs lames parallèles à une face primitive p, plutôt qu'à une face $e^{\frac{1}{2}}$, et si cette face appartient au sommet supérieur, le plan de jonction où se voit la seconde série sera parallèle à une face du sommet inférieur.

Si maintenant les parallélogrammes dont je viens de parler sont traversés par de la lumière convergente, on y voit vers le haut, en SS, des spirales dont les branches, dirigées les unes de gauche à droite, les autres de droite à gauche, peuvent annoncer dans quel sens s'inclinent les lames qui les produisent ; vers le bas, en $S_1 S_1$, les spirales sont de sens contraire aux précédentes ; dans l'intervalle qui sépare les flèches SS et $S_1 S_1$, on n'observe que des anneaux assez réguliers.

Quant à la partie de droite de la *fig.* 9, elle montre un lacis presque entièrement neutre, formé par une multitude de lames excessivement minces, de rotations contraires, qui se croisent sous des angles de 120 et de 60 degrés. Ces lames, qui fournissent, sous une inclinaison convenable, deux séries de franges dont les couleurs sont beaucoup plus confuses que celles des lignes correspondantes dans la por-

tion de gauche, peuvent être regardées comme parallèles à deux faces p des sommets inférieur et supérieur du cristal qui a fourni la plaque. Au sommet inférieur correspondraient les lames qui se prolongent dans la partie de gauche précédemment décrite, tandis que les autres seraient parallèles au sommet supérieur.

En explorant avec le microscope d'Amici toute la plage occupée par ces lames minces, on y voit des anneaux traversés par une croix noire souvent fort nette, et çà et là quelques spirales dextrogyres dans les points peu nombreux où la rotation n'est pas tout à fait nulle.

On peut expliquer d'une manière générale la plupart des phénomènes qui se produisent, principalement dans la partie gauche de la plaque *fig.* 9, dont la rotation est dextrogyre, en supposant une lame mince lévogyre, parallèle à une face p, et noyée dans l'épaisseur d'une grande plaque dextrogyre perpendiculaire à l'axe, comme l'indique la *fig.* 72, *Pl. III.* La lame mince neutralisant une portion de la rotation générale, proportionnelle à son épaisseur, la teinte plate résultante, dans l'espace qu'elle occupe, sera différente de celle que possède la masse principale; de plus, si les épaisseurs restent comprises entre des limites convenables, il y aura, à droite et à gauche de la ligne centrale CC, deux points où les rotations contraires se compenseront partiellement et suffisamment pour donner des spirales à centre coloré, dextrogyres ou lévogyres, suivant que l'épaisseur dominante sera vers le haut, en SE, ou vers le bas, en S'E'.

Si l'épaisseur e de la lame mince, mesurée perpendiculairement à son inclinaison, satisfait à la relation $2e = h \cos i$, h étant l'épaisseur totale de la grande plaque, et i l'angle qu'une normale à la petite fait avec l'axe vertical, on aura le noir absolu, résultant de la destruction complète des deux rotations l'une par l'autre, et les spirales seront à centre

noir et le plus nettes possible : dans le quartz, l'angle $i = 51^\circ 47'$, et son cosinus $= 0,618637$.

Si l'épaisseur de la lame mince est variable, ainsi que sa position dans l'intérieur du cristal où elle est enchevêtrée, on conçoit que les phénomènes résultants pourront offrir, comme dans la nature, une très-grande diversité.

Une expérience directe permet d'ailleurs de constater la réalité de l'assemblage que je viens d'indiquer. En effet, si l'on polit la tranche d'une plaque naturelle suivant un plan vertical perpendiculaire à la direction d'une ligne neutre, on peut arriver à voir se dessiner sur ce plan la coupe de la lame ou des lames enchâssées; cette coupe sera un parallélogramme allongé, si les bords de la lame mince affleurent les deux surfaces polies de la grande plaque, ou si, au contraire, ils ne touchent ni l'une ni l'autre, comme dans la *fig.* 72, *Pl. III*; ou bien elle aura la forme d'un trapèze lorsqu'un des bords de la lame mince aura été atteint par le poli, tandis que l'autre bord se trouvera au-dessous de la grande surface : dans ce dernier cas, comme dans le second, il est facile de constater que si le plus grand côté du trapèze ou du parallélogramme est parallèle à une face p, le petit côté de la même figure n'appartient pas toujours à la face $e^{\frac{1}{2}}$ opposée; sur plusieurs plaques travaillées par M. Soleil fils, pour reconnaître la position des lames enchevêtrées, je me suis assuré que ce petit côté était parallèle au rhomboèdre b^1.

La *fig.* 73, *Pl. III*, dessinée à la chambre claire, d'après la tranche verticale d'une coupe faite dans la plaque *fig.* 9, *Pl. IV*, perpendiculairement à la ligne AB, donne une idée exacte de la multitude de lames minces qui peuvent se trouver réunies dans une seule plaque, et des dispositions variées qu'elles affectent; les trois principales inclinaisons de ces lames, mesurées à l'aide d'un rapporteur, sur un dessin suffisamment grossi, indiquent des faces p, des faces b^1 et des faces a^1 perpendiculaires à l'axe.

J'ai cru remarquer sur les plaques ainsi taillées que les tranches des lames minces paraissaient tantôt en creux, tantôt en relief, sur la coupe de la plaque générale; mais les observations de cette nature sont encore trop peu nombreuses pour qu'on puisse dire s'il y a réellement quelque différence dans la dureté des quartz lévogyres et dextrogyres, ou si le fait que je signale, tient simplement à ce que les faces polies des deux espèces de lames, n'ont pas exactement la même direction cristallographique, et présentent ainsi des résistances variables à l'action du polissage. Quant à l'influence de l'acide fluorhydrique étendu, elle se fait fortement sentir sur les surfaces travaillées perpendiculairement à l'axe, tandis qu'elle est presque nulle sur celles qui sont parallèles à cette ligne : ainsi, lorsque déjà les premières sont complétement attaquées et assez profondément rongées, les secondes conservent encore en grande partie leur éclat, et la tranche seule des lames minces enchâssées prend un aspect dépoli.

L'inspection des teintes plates et des spirales développées dans des plaques de quartz moins complexes que la plaque *fig.* 9, *Pl. IV*, avait suggéré à M. de Senarmont l'idée que ces phénomènes étaient dus à des pénétrations analogues à celle que représente la *fig.* 72; aussi, avant que l'idée me fût venue d'examiner les coupes parallèles à l'axe, j'avais fait construire par M. Soleil fils plusieurs assemblages artificiels de ce genre, et j'avais pu ainsi reproduire les principaux effets qu'on observe dans les enchevêtrements naturels du Brésil.

La plaque dont l'image est représentée *fig.* 10, *Pl. IV*, paraît réunir deux espèces de pénétrations différentes; on voit d'abord en MN, entre deux plages lévogyres, une bande noirâtre, presque entièrement neutre, produite par l'intercalation de deux lames minces dextrogyres, qui ont été mises à nu en polissant la tranche de cette plaque perpendiculairement à MN. L'ensemble de ces lames, dont les deux

bords supérieur et inférieur ont été mangés par le travail des deux grandes surfaces, a une épaisseur qui remplit presque la condition précédemment exprimée $2e = h \cos i$; cependant il est facile de reconnaître dans la direction MN, soit à l'aide du microscope d'Amici, soit en employant, sur l'appareil de Noremberg, la plaque à deux rotations de M. Soleil, un léger excès de rotation gauche, provenant de ce que $2e$ est plus petit que $h \cos i$. Toutefois cette différence est assez minime, pour que la lumière polarisée convergente développe, dans cette direction, des spirales très-nettes; les lames minces plongeant d'arrière en avant dans la grande plaque, ces spirales tournent successivement leurs branches à droite ou à gauche, suivant qu'on regarde dans la direction SD ou SG de la flèche marquée sur la figure.

En N_2N_2 et NR sont des lignes neutres produites par la superposition de deux plaques d'égale épaisseur et de rotations contraires. Si l'on fait une coupe suivant la flèche $S_1D_1S_1G_1$, on voit par la direction des spirales que les lames doivent être disposées comme dans le croquis *fig.* 74, *Pl. III*, et que, par conséquent, la lame dextrogyre plonge sous la lame lévogyre dans le même sens qu'en MN; ces lames peuvent donc être regardées comme parallèles à une face p du sommet supérieur, placée en avant de la figure, ou à une face p postérieure du sommet inférieur du cristal.

Les spirales produites sur la ligne neutre RN_1 montrent que cette ligne est formée par la rencontre de deux plaques de rotations inverses, sous une inclinaison opposée à celle du croquis *fig.* 74; cette inclinaison est donc parallèle à la face p de droite du sommet supérieur, ou à la face de même nom opposée, sur le sommet inférieur. La rencontre des plaques inversement inclinées à l'axe, qui produisent les lignes neutres RN_1 et NR, se fait encore, comme je l'ai indiqué pour la *fig.* 9, suivant un plan nettement tranché, dans la direction duquel on ne voit aucune frange, et dont

la projection sur la coupe horizontale est la ligne R, faisant des angles de 150 degrés avec MR et RN_1. Enfin en N_1N_2 se trouve une troisième ligne neutre, formée sur un plan de jonction parallèle à la troisième face *p* du sommet supérieur, placée à gauche de l'observateur, ou à la face opposée, placée à sa droite, sur le sommet inférieur; de sorte que les trois lignes N_2N_2, RN_1 et N_1N_2 sont déterminées par l'interposition, dans la masse du cristal, d'un petit tronc de pyramide parallèle aux trois faces *p* de son sommet inférieur.

La *fig.* 11 offre dans la disposition de ses lignes neutres beaucoup d'analogie avec la précédente, mais elle présente quelques particularités dignes de remarque : on voit d'abord que les lignes NN, NN_2, NN_1 ne paraissent pas parfaitement uniformes, et qu'elles se composent de parties triangulaires empiétant un peu les unes sur les autres, comme dans les cristaux de New-York précédemment décrits. Cette structure des lignes neutres semblerait annoncer que le contact des plages de rotations contraires se fait par une série de petites lames minces, et non par une seule surface parfaitement unie : j'ai en effet reconnu la tranche de plusieurs lames parallèles, en faisant pratiquer à l'angle N une petite surface polie, perpendiculaire à la direction de la ligne neutre NN.

La direction des branches des spirales fait voir aussi, comme pour la plaque *fig.* 10, que suivant les lignes neutres NN_1 et NN, inclinées de 60 degrés l'une sur l'autre, la rencontre des plages dextrogyres et lévogyres a lieu par des plans parallèles à deux faces *p* du sommet supérieur; c'est aussi parallèlement à une de ces faces que se joignent les plages qui produisent la ligne RN_2. Quant à la ligne NR, elle se trouve, au contraire, sur un plan d'assemblage parallèle à une face *p* du sommet inférieur; car nous voyons en R, comme sur la *fig.* 10, une ligne qui fait des angles de 150 degrés avec NR et RN_2, et qui représente la projec-

tion, sur le plan horizontal, de l'intersection de deux lames inversement inclinées sur l'axe.

Entre les lignes NN et NN_2 se trouve un espace presque neutre, résultant de la compensation qui s'opère entre les rotations inverses des deux petites bandes dextrogyre et lévogyre, dont l'existence nous est révélée par les spirales contraires qui se voient en SD et en SG.

Si l'on suppose une coupe générale dans le sens de la flèche SD SG, le croquis *fig.* 75 peut donner une idée des divers assemblages que je viens de décrire. On remarque encore en N_2 N_2 une ligne neutre beaucoup plus étroite que les précédentes, et suivant laquelle, au lieu de spirales, on ne voit, dans un faisceau de rayons polarisés convergents, qu'une légère dislocation des anneaux colorés ; cette disposition, que j'ai retrouvée dans quelques autres échantillons, paraît indiquer que le plan d'assemblage des deux plaques voisines, de rotation contraire, au lieu d'être parallèle à une face de la pyramide, fait avec l'axe un très-petit angle, correspondant sans doute à celui que produirait l'un des nombreux rhomboèdres aigus que j'ai observés sur les cristaux du Brésil et de Traverselle.

Dans la *fig.* 12, *Pl. IV*, la superposition des plages de rotations inverses qui produit les lignes neutres se fait suivant des surfaces bien régulières; l'ensemble de la plaque se compose d'une portion centrale lévogyre, bordée par deux portions dextrogyres; les lignes neutres font entre elles des angles de 120 degrés et de 60 degrés; les spirales sont gauches en SG et $S_1 G_1$; elles sont droites en SD. Si l'on fait une coupe suivant la longueur de la plaque, il est évident que les trois plages dont elles se composent sont assemblées comme l'indique le croquis *fig.* 76, *Pl. III;* par conséquent, si le plan d'assemblage en SG est parallèle à une face *p* du sommet inférieur, placée à gauche d'un observateur qui regarderait devant lui une face *p* du sommet supérieur du cristal, dont la plaque *fig.* 12 a été tirée,

la jonction en SD se fera suivant cette face p supérieure: quant au plan sur lequel se voient les spirales en $S_1 G_1$, on peut le considérer comme parallèle à une face p supérieure du même cristal, que l'observateur aurait fait tourner de 60 degrés autour de l'axe, de manière à amener devant lui une face $e^{\frac{1}{2}}$ du sommet supérieur.

Je ne m'étendrai pas davantage sur les groupements intérieurs que la lumière polarisée fait découvrir dans les cristaux transparents du Brésil; les exemples que je viens de citer sont suffisants pour donner un aperçu des principaux phénomènes que présentent ces groupements, et de la simplicité uniforme de leur mode d'assemblage.

Je vais chercher maintenant à faire voir de quelle manière la matière colorante se trouve répartie dans un certain nombre de variétés d'améthyste.

Les observations de Brewster, et surtout les publications récentes de M. Haidinger sur le pléochroïsme et la structure de l'améthyste, m'auraient dispensé d'aborder ce sujet (1), si je n'avais trouvé dans la photographie des ressources précieuses qui n'ont pas été mises à profit par les savants que je viens de nommer. J'ai obtenu des effets si nets, en choisissant des plaques qui portaient encore, autant que possible, les faces de leurs sommets, et en projetant les images amplifiées qu'elles donnaient dans la lumière polarisée, que j'ai cru faire une chose utile en reproduisant ces effets au moyen du procédé de gravure dont j'ai parlé plusieurs fois, et qui paraît surtout convenable lorsque la reproduction a pour objet des lignes nettement définies.

Je vais successivement décrire les diverses plaques dont j'ai observé les dispositions.

La *fig.* 13, *Pl. IV*, se rapporte à une plaque extraite

(1) *Uber die Pleochroïsmus und die Krystallstructur des Amethystes*; par W. Haidinger; extrait des *Comptes rendus*, de mars 1854, des séances de l'Académie des Sciences de Vienne.

d'un cristal d'apparence simple, dont les trois faces culminantes p portaient chacune deux séries de lames minces très-foncées, parallèles aux trois arêtes rhomboïdales, comme l'indique la *fig.* 77, *Pl. III*; l'ensemble de ces lames, coupé par un plan horizontal, constitue, ainsi que l'a fait voir M. Haidinger, trois secteurs de 120 degrés déjà visibles avec la lumière naturelle, mais beaucoup plus marqués à l'aide de la lumière polarisée. Dans la plaque que j'ai examinée, ces secteurs, à peu près complétement neutres sur toute leur étendue, sont séparés les uns des autres par trois bandes étroites de quartz incolore, dont la rotation est parfaitement reconnaissable, et qui se terminent par un épanouissement triangulaire correspondant aux faces $e^{\frac{1}{2}}$ du sommet. Environ la moitié de ces triangles est lévogyre, comme la bande elle-même, tandis que la seconde moitié est dextrogyre; par conséquent, si l'on complète et si l'on régularise par la pensée l'image photographiée *fig.* 13, *Pl. IV*, on obtient le diagramme *fig.* 78, *Pl. III* : l'examen de ce diagramme nous montre que les lames violettes en V et V ne peuvent être parallèles qu'à une troncature située sur l'angle solide compris entre les faces p et $e^{\frac{1}{2}}$, comme le serait le prisme d^1 ou le rhombe s. Or, si l'on incline la plaque sur le rayon polarisé, on s'assure facilement que ces lames ne sont pas verticales, et tout porte à croire qu'elles font réellement avec l'axe le même angle que la face s; il semble aussi que chaque série de lames, située à droite et à gauche des bandes étroites marquées de la lettre D, s'incline dans deux directions opposées. Si donc l'une de ces séries correspond au rhombe s supérieur, l'autre série correspondra au rhombe s inférieur, qui se trouve sur la même arête verticale que le premier; les lames situées en V_1V_1 et en V_2V_2 seront de même parallèles aux faces rhombes qui se projetteraient en s_1 et en s_2.

Quant aux triangles incolores où l'on observe deux rota-

tions de sens contraire, on peut concevoir que les deux parties dont ils se composent sont formées par des lames de quartz ordinaires, parallèles à deux faces $e^{\frac{1}{2}}$ de la pyramide, et se rencontrant suivant des lignes situées dans un plan presque vertical; car un faisceau convergent de lumière polarisée ne fait pas naître de spirales dans la direction de ce plan, et elle y produit seulement une dislocation des anneaux colorés : il est d'ailleurs facile de voir, comme l'a fait remarquer M. Haidinger, que cette direction, en supposant le plan vertical, est précisément celle du prisme d^1.

Si l'on soumet à l'acide fluorhydrique le sommet d'un cristal semblable à celui qui a fourni la plaque *fig.* 13, on distingue aussi sur les faces $e^{\frac{1}{2}}$ une ligne plus ou moins ondulée, qui partage ces faces en deux triangles rectangles à peu près égaux et faciles à distinguer l'un de l'autre par la direction opposée de leurs moirages.

Il ne m'a pas été possible de me procurer le sommet du cristal d'où la plaque *fig.* 14 a été extraite; mais le croquis *fig.* 79, *Pl. III*, copié sur un autre cristal, peut donner une idée des lames qui se voyaient sans doute sur ce sommet : les unes devaient être, comme dans l'échantillon *fig.* 13, parallèles aux arêtes rhomboïdales culminantes; d'autres étaient parallèles aux arêtes de la pyramide; enfin quelques-unes étaient dirigées dans le sens de l'intersection de deux faces p et $e^{\frac{1}{2}}$ opposées au sommet.

Si nous examinons le diagramme *fig.* 80, copié d'après l'image photographique *fig.* 14, nous y voyons des lignes qui se croisent sous des angles de 60, de 90, de 120 et de 150 degrés, et qui toutes correspondent à des lames violettes; en inclinant convenablement la plaque sur le rayon polarisé, on peut s'assurer que les lames en N sont parallèles à la face p antérieure; quant aux lames qui se voient en N_1 et en N_2, elles paraissent parallèles aux faces p, placées à gauche et à droite de la figure.

De chaque côté de la bande étroite dextrogyre marquée D se trouvent encore deux séries de lames V et V correspondant aux deux faces rhombes qui se projetteraient en *s*; enfin, au-dessous de deux des faces $e^{\frac{1}{2}}$ sont situées des plages de quartz incolore, composées de parties de rotations contraires, d'une étendue très-inégale.

La plaque *fig.* 15, *Pl. IV*, dont le diagramme *fig.* 81, *Pl. III*, indique la disposition complétée, nous offre encore en N des lames violettes parallèles à la face *p* antérieure, et en N_1 et N_2 des lames respectivement parallèles aux faces *p* de gauche et de droite; en V et V se trouvent, séparées par une bande étroite dextrogyre D, deux séries de lames correspondant aux faces rhombes supérieure et inférieure qui se projetteraient en *s*; en V_1 et V_1 les lames sont parallèles aux rhombes dont la projection est indiquée en s_1; à deux des faces $e^{\frac{1}{2}}$ correspondent des plages de quartz jaune, dont l'une est formée de deux portions triangulaires inégales de rotations inverses, et dont l'autre est dextrogyre dans toute son étendue.

La plaque *fig.* 16, *Pl. IV*, dont la disposition générale est régularisée sur le croquis *fig.* 82, *Pl. III*, nous offre en V des lames violettes parallèles aux faces rhombes indiquées par la lettre *s*, et en V_1 et en V_2 d'autres lames respectivement parallèles aux rhombes situés à l'extrémité des arêtes verticales qui aboutiraient aux angles s_1 et s_2; en N et N_1 se trouvent de petites lames correspondant aux faces *p* placées à gauche et à droite de la figure; sur cette plaque il n'y a qu'une seule plage triangulaire partagée en deux parties à peu près égales de rotations inverses.

Les trois croquis *fig.* 83, 84 et 85, *Pl. III*, qui représentent la projection horizontale du sommet de trois cristaux d'améthyste du Brésil, avec l'indication de leurs lames violettes, peuvent nous expliquer pourquoi les plaques perpendiculaires à l'axe offrent si rarement la réunion complète

des diverses directions suivant lesquelles ces lames se rencontrent; ils nous montrent aussi que dans l'améthyste, comme dans les autres variétés de quartz, l'irrégularité des phénomènes paraît être la règle générale, tandis que leur régularité parfaite semble ne former qu'une exception des plus rares.

La plaque *fig.* 17, *Pl. IV*, dont les six faces de la pyramide ont été conservées, nous offre, dans la lumière naturelle, trois secteurs de 60 degrés du violet le plus riche, et trois secteurs presque incolores alternant avec les premiers. En inclinant convenablement cette plaque, il est facile de reconnaître que les secteurs violets sont formés par une superposition de couches minces, parallèles aux trois faces p; quant aux secteurs incolores, la lumière polarisée, par les moirages qu'elle fait naître dans leur intérieur, montre qu'ils se composent de lames assez irrégulières, parallèles aux faces $e^{\frac{1}{2}}$, et dont la rotation générale est de sens contraire à celle de la masse dans laquelle elles sont enchâssées.

Dans la plaque *fig.* 18, *Pl. IV*, qui renferme aussi trois secteurs violets et trois secteurs incolores, les lames violettes, parallèles aux trois faces p, sont moins homogènes et d'une teinte moins uniforme que celles de la plaque précédente; aussi la lumière polarisée y fait-elle découvrir quelques points dont la rotation est encore appréciable. Quant aux secteurs incolores qui correspondent aux faces $e^{\frac{1}{2}}$, l'un d'eux est dextrogyre dans toute son étendue; les deux autres se composent, au contraire, de deux parties d'inégale grandeur et de rotations inverses, dont la surface de séparation présente des ondulations très-marquées.

La plaque *fig.* 19, *Pl. IV*, est tout à fait du même genre que la plaque *fig.* 18; seulement c'est la rotation gauche qui domine dans les secteurs incolores.

Ces trois dernières plaques proviennent très-probable-

ment du Brésil, comme celles qui sont représentées par les *fig.* 13, 14, 15 et 16; je n'oserais pourtant pas l'affirmer d'une manière tout à fait positive. J'ajouterai que d'après les indications contenues dans le Mémoire de M. Haidinger, que j'ai cité plus haut, une disposition analogue à celle des *fig.* 17, 18 et 19, a été observée sur des améthystes de Meissau en Autriche.

J'ai aussi trouvé des phénomènes du même genre sur quelques améthystes d'un beau violet, qui tapissent les grandes géodes d'agate de l'Uruguay; seulement, dans ces derniers échantillons, ce sont les trois secteurs correspondants aux faces $e^{\frac{1}{2}}$ qui ont pris la teinte violette la plus riche, et qui se trouvent quelquefois partagés en deux triangles inégaux de rotations contraires, tandis que ceux qui correspondent aux faces p sont d'un violet très-pâle, et montrent deux séries de lames minces se croisant sous des angles de 60 degrés.

La *fig.* 20 a été fournie par une améthyste de localité inconnue, d'une couleur peu foncée, offrant dans son intérieur une couche mince violette, parallèle aux faces extérieures du sommet hexagonal; cette améthyste offre dans la lumière polarisée des phénomènes beaucoup moins réguliers que les autres améthystes du Brésil; on voit cependant encore, d'une manière générale, qu'aux trois faces p correspondent des bandes neutres assez larges, tandis qu'au-dessous de deux des faces $e^{\frac{1}{2}}$ se trouvent des plages irrégulières comprenant des portions de rotations inverses.

Les échantillons qui ont donné les images *fig.* 21 et 22, *Pl. IV*, ne peuvent plus guère être considérés que comme du quartz ordinaire, pénétré tout à fait irrégulièrement par une substance colorante violette; on remarque, en effet, dans ces deux plaques, soumises à la lumière polarisée, des moirages formés par des plages de rotations contraires, dont les contours paraissent entièrement capricieux; malheureu-

sement, ces plaques ont été prises dans des fragments de cristaux informes, et il ne m'a pas été possible de reconnaître la position d'une seule face de leurs sommets. Ce qui rend surtout remarquable la plaque *fig.* 22, c'est que sur les diverses lignes neutres que j'ai indiquées par la lettre N, on voit avec le microscope d'Amici des spirales aussi nettes que dans les cristaux de New-York ou du Brésil; or, dans les améthystes constituées régulièrement par un cristal de quartz que traversent, suivant quelques directions bien déterminées, une multitude de lames minces de rotations inverses, on ne trouve jamais que des croix noires plus ou moins régulières, et passant quelquefois aux hyperboles décrites par M. Haidinger.

Certains quartz verts-jaunâtres du Brésil, connus des joailliers sous le nom de *topazes vertes,* et dont on trouve dans toutes les collections des fragments remarquables par une cassure particulière, qui rappelle parfaitement l'empreinte du doigt sur un corps mou, doivent en réalité être considérés comme une variété d'améthyste verte; il est excessivement rare qu'il arrive en Europe des cristaux bien déterminés de cette variété; cependant j'ai pu m'en procurer plusieurs fragments cristallins, dont les faces *p*, du sommet, portaient les stries caractéristiques des améthystes violettes ; et les plaques extraites de ces fragments montrent dans la lumière polarisée une structure toute semblable à celle que représentent les *fig.* 13 et 19, *Pl. IV.*

En terminant ce que j'avais à dire sur la cristallisation et sur les propriétés optiques du quartz, je présenterai le résultat de quelques observations que j'ai eu l'occasion de faire, dans le cours de mes recherches, sur diverses empreintes qui se trouvent à la surface des cristaux de certaines localités.

C'est pour ne pas avoir à m'étendre trop longuement sur ce sujet, que j'ai dessiné d'après nature tous les échantil-

lons dont j'ai donné la description cristallographique, en indiquant, autant que possible, sur les figures, les divers genres d'irrégularités ou d'ondulations que présentaient les faces de ces échantillons.

Les cristaux du Dauphiné offrent souvent sur plusieurs faces de leurs pyramides, *fig.* 69, *Pl. II*, de légères saillies, ayant la forme d'un triangle isocèle aigu, à côtés faiblement arrondis, et orientés comme les côtés de la face elle-même, supposée triangulaire; il est probable que ces saillies appartiennent aux nombreuses aiguilles dont le groupement constitue le cristal résultant, et elles montrent que ces aiguilles se terminent rarement par des surfaces parfaitement planes. Des saillies analogues plus ou moins régulières, se retrouvent sur des cristaux d'autres localités; lorsqu'elles se combinent avec des stries ondulées, et avec les trois arêtes saillantes que j'ai citées sur certains cristaux de Traverselle et de Carrare, *fig.* 10, 13, 14, *Pl. I*, et *fig.* 64, *Pl. II*, elles produisent la curieuse disposition qu'on voit sur la plupart des cristaux limpides de New-York, et dont la *fig.* 34, *Pl. I*, donne une idée très-nette.

Certains cristaux du Brésil, *fig.* 43 et 57, *Pl. II*, au lieu de saillies, présentent sur les faces de leur sommet, de petits triangles isocèles creux, dont les côtés rectilignes sont respectivement parallèles à ceux de la face pyramidale qui les porte, mais dont l'orientation est opposée à celle des trois côtés de cette face. Les plans culminants du cristal d'améthyste sur lequel j'ai cité la modification $b^{\frac{3}{2}}$ offrent la même disposition, ainsi que les cristaux corrodés de Guttanen que j'ai cités plus haut; ces empreintes ont, dans leur aspect, une certaine ressemblance avec les triangles équilatéraux, que l'observation microscopique fait facilement reconnaître sur les surfaces attaquées par l'acide fluorhydrique étendu, des plaques coupées et polies perpendicu-

lairement à l'axe : peut-être leur origine doit-elle être attribuée, comme celle de certaines faces arrondies dont j'ai parlé précédemment, à quelque action postérieure à la formation des cristaux.

Le très-gros cristal du Piémont dont j'ai représenté un angle *fig.* 71, *Pl. III*, avec la face nouvelle H, porte sur cinq de ses faces verticales, outre les stries horizontales ordinaires, de nombreuses séries de petits losanges, dont la plus courte diagonale est horizontale, et dont l'angle au sommet est d'environ 85 degrés; or, 85° 18′ 56″ est précisément la mesure de l'angle plan formé par les intersections de deux faces *p*, contiguës, avec la face prismatique e^2 qu'elles comprennent entre elles, de sorte que ces losanges, dont les côtés font saillie sur la face verticale, paraissent indiquer des strates d'accroissement parallèles à ces faces *p*; et puisque cinq des faces contiguës du prisme hexagonal présentent une disposition semblable, on peut en conclure que sur trois d'entre elles on voit la trace des lames correspondantes aux trois faces du sommet supérieur, et que sur les deux autres l'empreinte est due aux lames parallèles à deux des faces *p* inférieures.

Parmi tous les cristaux dont j'ai donné la description, ceux de Traverselle sont les seuls dont les faces verticales m'aient souvent offert des stries, ou des cannelures, disposées comme les losanges dont il vient d'être question : en décrivant les images photographiques *fig.* 1 et 2, *Pl. IV*, j'ai déjà fait remarquer que, selon toute probabilité, les trois secteurs qu'on voit sur ces figures étaient dus à un empilement de lames parallèles aux faces *p*; cette explication acquiert presque une certitude complète, lorsqu'on compare les cannelures produites par ces lames sur les petits échantillons de Traverselle, avec les losanges du très-gros cristal du Piémont.

La *fig.* 23, *Pl. IV*, reproduite d'après une image microscopique photographiée, montre les empreintes parfaite-

ment circulaires que j'ai observées sur toutes les faces d'un petit cristal transparent du Brésil : ces emprcintes, dont j'ai retrouvé les analogues sur plusieurs autres cristaux de la même localité, et sur un cristal de localité inconnue, offrent en creux des cercles tellement parfaits, qu'il semble d'abord impossible d'expliquer leur formation par la pénétration d'une substance cristallisant en mamelons à structure fibreuse, car il existe bien peu de ces mamelons dont la forme soit géométriquement sphérique. Cependant un des cristaux du Brésil, dont je viens de parler, porte encore sur ses faces prismatiques de très-petites roses formées par un groupement de lamelles de fer oligiste, qui, en disparaissant, laissent des empreintes parfaitement circulaires.

La *fig.* 24, *Pl. IV*, a été fournie par une variété de geysérite à structure sphérique, que j'ai rapportée en 1846 de mon voyage en Islande ; cette variété, dont la densité est égale à 2,137 et qui contient, d'après une analyse de M. Damour, 87 pour 100 de silice, avec 9 pour 100 d'eau, et une petite proportion de chaux, d'alumine et de soude, se trouve à une petite distance du grand Geysir, au milieu de couches argileuses; elle y forme des veines minces ayant toute l'apparence d'une calcédoine blanchâtre, à couches parallèles plus ou moins translucides, et dont les surfaces extérieures sont recouvertes par une matière blanche pulvérulente : cette partie superficielle, aussi bien que la masse calcédonieuse, soumise au microscope, avec un grossissement de 150 à 200 fois, fait voir une multitude de petites sphères parfaitement transparentes; seulement, comme le montre la *fig.* 24, qui a été obtenue en projetant l'image microscopique de la substance pulvérulente, on voit que, dans cette partie, les petites sphères sont isolées ; dans la partie calcédonieuse, au contraire, les sphères sont soudées ensemble, au moyen d'une sorte de gélatine peu abondante et très-limpide; ni l'une ni l'autre

de ces variétés ne présente d'ailleurs la moindre action sur la lumière polarisée.

J'ai examiné comparativement un très-grand nombre d'échantillons de silice pulvérulente, déposée soit naturellement, soit artificiellement, mais jamais je n'ai pu retrouver la structure si parfaitement sphérique de la geysérite dont je viens de parler; et ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que cette geysérite est la seule de son espèce, au milieu des immenses dépôts que les principaux geysirs d'Islande ont formés et forment encore journellement autour d'eux.

Je n'ai que peu de chose à dire des substances étrangères qui accusent souvent, dans l'intérieur des cristaux de quartz, une séparation très-nette entre deux couches cristallines exactement modelées l'une sur l'autre : car tout le monde connaît les effets de cette nature produits par la chlorite dans certains échantillons du Valais.

Je citerai seulement quelques gros cristaux du Brésil, où l'on trouve assez fréquemment des plans nuageux composés de très-petits grains cristallins, ou de petites vacuoles offrant quelquefois la forme d'un cristal bipyramidé de quartz; ces plans sont alignés parallèlement aux faces du prisme et à celles de la pyramide, de manière à produire une sorte de chemise intérieure reposant sur un noyau central, et recouverte par une croûte transparente. Dans un échantillon bien caractérisé de cette espèce, j'ai observé le sommet d'une de ces chemises qui était réduit aux trois faces primitives p, portant sur leurs arêtes culminantes de larges truncatures que leur position ne permet de rapporter qu'au rhomboèdre b^1, ou à l'un des hémiscalénoèdres obtus dont j'ai donné les incidences.

Ces grains cristallins formant des plans intérieurs nuageux ne sont pas particuliers au quartz, et paraissent toujours être disposés dans une direction en rapport avec la cristallisation du minéral; en effet, dans les échantillons de spath d'Islande, que j'ai rapportés en 1845, j'ai pu

mettre à nu et reconnaître parfaitement, au moyen de clivages convenablement dirigés, de très-petits cristaux arrondis, ayant quelquefois la grosseur d'une tête d'épingle, et qui étaient exactement alignés suivant un plan parallèle aux faces du dodécaèdre métastatique. Si l'on cherche à éteindre un rayon de lumière blanche, avec un prisme de Nicol taillé dans un échantillon qui renferme beaucoup de ces cristaux, on voit qu'il est impossible d'arriver à une polarisation complète, à cause de la grande quantité de lumière qui se disperse en traversant les petits grains disséminés dans toute la longueur de l'appareil.

Note.

La notation adoptée dans ce Mémoire est le système si simple et si commode employé par Lévy dans sa *Description d'une collection de minéraux formée par M. Heuland*, ouvrage dont un assez grand nombre de figures qui n'ont pas été dessinées par Lévy lui-même, portent malheureusement des signes entièrement faux. Le principal avantage de ce système consiste, comme on le sait, à pouvoir exprimer directement sur les figures, le symbole de toutes les faces parallèles à une arête ou à une diagonale de la forme primitive.

Le solide auquel j'ai rapporté toutes les formes dérivées du quartz est le rhomboèdre de 94° 15', suivant les faces duquel ce minéral offre quelquefois des clivages passablement nets. Toutes les faces du rhomboèdre, étant symétriques par rapport à son axe principal, peuvent être désignées par une même lettre; Haüy d'abord, et après lui Lévy, ont choisi la lettre *p*, initiale de *primitif*. En convenant d'employer, toujours dans le même sens, un petit nombre de lettres nécessaires pour distinguer les divers éléments de chaque type cristallin, et en inscrivant la même lettre sur toutes les parties de même espèce, on a un moyen facile

de désigner ces parties sans confusion possible entre elles.

Dans le rhomboèdre, les six arêtes aboutissant aux deux sommets sont notées *b*; les six arêtes en zigzag s'appellent *d*; la lettre *a* est affectée aux angles solides des deux sommets, et la lettre *e* aux six angles solides latéraux.

Les angles solides peuvent être modifiés par des plans parallèles ou obliques à la diagonale horizontale d'une des faces culminantes : dans le premier cas, on a des rhomboèdres directs ou inverses au primitif; dans le second cas, on a les faces que Haüy nommait en général faces intermédiaires ; la réunion des faces symétriques de cette seconde espèce forme des scalénoèdres, dont une partie a reçu, dans le quartz, le nom particulier de *plagièdres*.

Les rhomboèdres *directs* sont ceux dont les faces correspondent aux faces du primitif, et s'inclinent sur l'axe, dans le même sens que celles-ci; les rhomboèdres *inverses* sont ceux dont les faces correspondent aux arêtes, et dont l'inclinaison sur l'axe est par conséquent opposée à celle des faces de la forme primitive.

Si nous supposons, *fig.* 86, *Pl. III*, un rhomboèdre dont l'axe principal *aa* soit vertical, et dont une face culminante supérieure soit tournée vers l'observateur, en inclinant successivement vers la partie supérieure et vers la partie inférieure de l'axe un plan passant par la diagonale horizontale *ec*, nous aurons une série de rhomboèdres directs et une série de rhomboèdres inverses : il est facile de voir que si ce plan passe par le milieu de l'arête inférieure *ea*, il est parallèle à l'axe; et comme on peut lui faire prendre une position semblable sur les six angles solides latéraux, on obtient, dans ce cas particulier, les six faces d'un prisme hexagonal régulier. Ce prisme peut donc être regardé comme la limite qui sépare les rhomboèdres directs des rhomboèdres inverses; sa position par rapport à la forme primitive, comme celle de tous les rhomboèdres dérivés, sera parfaitement indiquée, si, à côté

de la lettre *e* désignant l'angle modifié, on place, sous forme d'exposant, le rapport des distances auxquelles la troncature va rencontrer les trois arêtes qui aboutissent à cet angle. Ce rapport peut être un nombre entier ou fractionnaire; mais, dans le premier cas, en le divisant par l'unité, on peut toujours le considérer comme une fraction. Afin d'avoir une règle constante et de savoir immédiatement de quel côté de l'axe s'incline la modification, on est *convenu* de prendre toujours pour numérateur de la fraction l'une des longueurs égales que cette modification, à cause de son parallélisme avec une diagonale horizontale, intercepte nécessairement sur deux arêtes contiguës; le dénominateur est alors la longueur comptée sur la troisième arête : il est d'ailleurs évident qu'on peut toujours mener parallèlement à la face que l'on considère, un plan sécant tel, que le numérateur ou le dénominateur soit égal à l'unité.

Si, au lieu d'être située sur un angle, la troncature est parallèle à une arête, elle rencontre les quatre arêtes parallèles deux à deux, qui aboutissent aux extrémités de la première; pour le *rhomboèdre en particulier,* la fraction qui exprime cette position a toujours pour numérateur la plus grande, et pour dénominateur la plus petite des longueurs interceptées sur ces deux couples d'arêtes : par conséquent, dans ce système cristallin, toutes les faces dérivées qui sont parallèles aux arêtes de la forme primitive, sont représentées par un symbole plus grand que l'unité.

Enfin, si la modification est du genre de celles que Haüy nommait intermédiaires, c'est-à-dire, si elle n'est parallèle ni à une diagonale, ni à une arête de la forme primitive, les trois arêtes qu'elle rencontre sont en général coupées à des distances inégales de leur sommet commun; en donnant comme exposant à la lettre nominative de chacune de ces

arêtes le nombre qui exprime ces trois distances, on aura fixé la position de la troncature.

Afin de diminuer autant que possible le nombre de ces symboles intermédiaires qui exigent toujours l'emploi de trois lettres, Lévy avait imaginé un artifice qui n'est réellement applicable qu'aux trois types cristallins à axes rectangulaires et au type rhomboïdal; car son introduction peut facilement amener de la confusion dans la désignation des formes appartenant aux types à axes obliques. Voici, du reste, en quoi consiste cet artifice : des trois nombres qui expriment la position d'une face intermédiaire, sur un rhomboèdre par exemple, l'un peut toujours être ramené à l'unité, les autres étant alors plus petits que 1 : dans les cas particuliers où ces deux autres nombres sont égaux entre eux, il suffira d'indiquer la valeur de l'un d'eux pour que la position de la face soit déterminée. Afin de ne pas s'exposer à prendre cette face pour une troncature parallèle à une diagonale ou à une arête de la forme primitive, on écrit le symbole sous forme d'indice, un peu au-dessous de la lettre qui désigne la partie modifiée.

Le quartz n'offrant que le seul plagièdre $\mu = (d^1\ d^{\frac{1}{2}}\ b^{\frac{1}{2}})$ dont le signe remplisse la condition que je viens d'énoncer, je n'ai pas eu besoin, dans la description de ses formes, d'employer l'abréviation adoptée par Lévy.

D'après les conventions qui viennent d'être indiquées, le prisme hexagonal, modifiant les angles latéraux du rhomboèdre, aura pour notation $e^{\frac{1}{\frac{1}{2}}} = e^2$; par suite, tous les rhomboèdres directs situés au-dessus de ce prisme auront des symboles plus grands que 2, tandis que ceux des rhomboèdres inverses situés au-dessous du même solide seront plus petits que ce nombre.

D'un côté, ces symboles peuvent augmenter jusqu'à devenir $\frac{1}{0} = \infty$; alors le plan sécant n'est plus situé sur l'an-

gle solide, et il se confond avec la face même du rhomboèdre primitif; de l'autre côté, ils peuvent aller en diminuant et finir par se réduire à o. Lorsque la valeur du symbole est égale à 1, le rhomboèdre est tangent à l'angle solide, puisqu'il intercepte des longueurs égales sur les trois arêtes aboutissant à cet angle; pour une valeur égale à $\frac{1}{2}$, il est facile de démontrer que le rhomboèdre $e^{\frac{1}{2}}$ a exactement les mêmes dimensions que le primitif, et comme ses faces sont précisément opposées à celles de ce dernier, c'est à lui qu'on devrait appliquer proprement le nom de rhomboèdre *inverse,* avec bien plus de raison qu'au solide décrit par Haüy sous cette dénomination dans la chaux carbonatée.

Quand l'exposant devient nul, la face ne coupe plus l'angle solide *e, fig.* 86; mais elle est tangente à l'arête culminante *ea*; elle est donc parallèle à un plan passant par la diagonale horizontale *ce*, et par les arêtes latérales *ee'*, *ee'*; sa notation sera donc b^1.

Le second prisme hexagonal tangent aux arêtes latérales *d* aura pour les mêmes raisons un symbole de la forme d^1.

Outre les nombreux rhomboèdres dont la notation s'écrit directement sur les figures, on a vu, par ma description, que le quartz offre beaucoup de faces dont la désignation abrégée ne peut se faire que par une lettre sans signification propre : Lévy avait l'habitude d'employer à cet usage la lettre *i*, initiale du mot *intermédiaire,* en y ajoutant autant de ' que le cristal décrit présentait de faces différentes; mais, outre la confusion qui peut facilement s'introduire dans ces ', lorsque le nombre en dépasse trois ou quatre, cette méthode a l'inconvénient plus grave de désigner le plus souvent de diverses manières une même face placée sur plusieurs cristaux différents : j'ai donc préféré conserver, autant que possible, à toutes les formes déjà connues

les lettres employées par Haüy, Rose ou Miller, et j'ai puisé les noms des formes nouvelles dans les alphabets grec et latin.

Les règles que j'ai posées ci-dessus pour la notation des faces rhomboédriques peuvent facilement être généralisées et s'appliquer aux autres types cristallins; elles s'établissent donc, ainsi qu'on le voit, sans avoir recours aux décroissements de Haüy, qui restent comme une hypothèse ingénieuse sur la manière dont les cristaux ont pu se former. C'est ce qu'avait déjà fait remarquer Lévy dans une Note intitulée : *Remarques sur les différents modes de notation de Weiss, Mohs et Haüy,* et publiée dans le *The Edinburg Philosophical Journal*, numéro de janvier 1825.

Il est d'ailleurs toujours facile de transformer en signes rapportés aux arêtes de la forme primitive les signes rapportés à des axes, et réciproquement. Voici, pour le cas particulier du rhomboèdre, quelques formules qui montrent comment s'opèrent ces transformations.

D'après la notation de Weiss, employée par M. Rose dans son grand Mémoire sur le système cristallin du quartz, les formes homoèdres et hémièdres du type hexagonal sont rapportées à trois axes qui se coupent sous des angles de 60 degrés, et à un quatrième axe perpendiculaire aux premiers. Les faces d'un rhomboèdre s'écrivent donc : $(na : na : \infty a : c)$, n étant un nombre entier ou fractionnaire. Cette expression peut toujours être mise sous la forme $(a : a : \infty a : \frac{1}{n} c)$, et, en appelant r le rhomboèdre primitif, et r' son inverse, tous les rhomboèdres directs ou inverses au primitif peuvent être désignés par le symbole abrégé $\frac{1}{n} r$ et $\frac{1}{n} r'$.

Dans la notation de Lévy, le signe général de tous les rhomboèdres situés sur les angles latéraux de la forme pri-

mitive sera $e^{\frac{1}{l}}$; l étant la fraction plus petite que l'unité qui exprime la longueur comptée sur une ou sur deux des arêtes qui aboutissent à l'angle solide modifié; en posant $m = \frac{1}{n}$, on a les relations : $l = \frac{m-1}{2m+1}$ pour les rhomboèdres directs, et $l' = \frac{m+1}{2m-1}$ pour les rhomboèdres inverses.

M. Miller rapportant les rhomboèdres à des axes parallèles aux arêtes de la forme primitive, leur notation exprimée en nombres entiers peut être mise sous l'une des formes $m\ \bar{n}\ \bar{n}$ pour les rhomboèdres directs, et $\bar{m}\ n\ n$ pour les rhomboèdres inverses. Les deux quantités de même signe seront alors des longueurs égales, comptées à partir de leur point de rencontre sur deux des arêtes qui aboutissent à l'angle solide modifié, et la troisième quantité sera la longueur prise sur la troisième arête; la transformation de ces symboles se fait immédiatement en écrivant $l = \frac{n}{m}$, par conséquent la notation correspondante de Lévy sera $e^{\frac{m}{n}}$.

D'après le même principe, le symbole des faces intermédiaires est, pour M. Miller, $m\ \bar{n}\ \bar{q}$, ou $\bar{m}\ n\ q$, les deux nombres de même signe se rapportant à deux arêtes latérales d, et le troisième nombre à l'arête culminante b, qui coupe les deux premières; les expressions correspondantes dans la notation de Lévy seront donc $(b^{\frac{1}{m}}\ d^{\frac{1}{n}}\ d^{q})$, et $(d^{\frac{1}{n}}\ d^{\frac{1}{q}}\ b^{\frac{1}{m}})$, dans lesquelles on peut toujours ramener le plus grand exposant à l'unité.

Puisque le passage de la notation de Miller à celle de Lévy se fait si simplement dans le système rhomboédrique, il nous suffira, pour traduire les symboles de Weiss en symboles de Lévy, de les ramener d'abord à la forme adoptée par Miller.

Selon qu'une face intermédiaire du système hexagonal coupe les quatre axes dans une direction ou dans la direc-

tion opposée, elle est exprimée, d'après Weiss, par une des notations

$$\left(\frac{1}{u}a : \frac{1}{v}a : \frac{1}{w}a : \frac{1}{\sigma}c\right)$$

ou

$$\left(\frac{1}{u}a' : \frac{1}{v}a' : \frac{1}{w}a' : \frac{1}{\sigma}c'\right).$$

Le signe correspondant de Miller est d'une manière générale $m\ n\ q$; la valeur de ces trois quantités sera donnée, pour une face rapportée aux axes a, par les relations :

$$m = \sigma + (v + w),$$
$$n = \sigma - (w - u),$$
$$q = \sigma - (u + v).$$

Si la face est rapportée aux axes a', ces relations deviennent :

$$m = \sigma - (v + w),$$
$$n = \sigma + (w - u),$$
$$q = \sigma + (u + v).$$

En introduisant des quantités numériques dans ces équations, établies par M. de Senarmont, pour le cours de minéralogie qu'il professe à l'Ecole impériale des Mines, on obtient les nombres $m\ n\ q$, avec le signe qui leur convient.

Réciproquement, si l'on voulait revenir du symbole rhomboédrique d'une face quelconque à son symbole hexagonal, tel qu'il est employé par Weiss et par Rose, on aurait recours aux formules

$$u' = v - w,$$
$$v' = w - u,$$
$$w' = u - v,$$
$$\sigma = u + v + w,$$

dans lesquelles u' v' et w' sont des longueurs comptées sur les trois axes horizontaux, et σ la longueur prise sur l'axe vertical; $u\ v\ w$ étant les trois nombres de Miller qui expriment la position de la face sur le rhomboèdre.

Dans la notation de Lévy appliquée au prisme hexagonal, deux seulement des nombres u' v' et w' nous sont utiles, ainsi que le nombre σ, puisqu'il suffit, pour déterminer la position d'une modification, d'exprimer les longueurs qu'elle intercepte sur les deux côtés de la base parallèles à deux des axes horizontaux, et sur la hauteur qui représente l'axe vertical. Le signe algébrique des trois quantités u' v' et w' est de même sens pour deux d'entre elles et de sens contraire pour la troisième ; ce sont toujours les deux longueurs de même signe qui doivent être comptées sur les arêtes de la base du prisme hexagonal, de sorte que le symbole général d'une troncature rapportée à cette forme primitive sera, dans la notation de Lévy,

$$(b^{\frac{1}{u'}}\, b^{\frac{1}{v'}}\, h^{\frac{1}{\sigma}}),\quad (b^{\frac{1}{u'}}\, b^{\frac{1}{w'}}\, h^{\frac{1}{\sigma}}),$$

ou

$$(b^{\frac{1}{v'}}\, b^{\frac{1}{w'}}\, h^{\frac{1}{\sigma}}).$$

Il suffit d'avoir examiné quelques cristaux de quartz pour savoir que ce sont toujours les incidences des divers rhomboèdres dérivés sur les faces du rhomboèdre primitif ou sur celles de son inverse qui s'obtiennent le plus facilement et avec le plus de netteté ; il est donc commode d'avoir quelques formules pour calculer immédiatement le symbole de ces rhomboèdres en fonction d'une de leurs incidences, et réciproquement.

Comme on ne connaît dans le quartz, sur les angles culminants du rhomboèdre primitif, que les deux modifications a^4 et a^7, tandis qu'il en existe une très-grande quantité sur les angles latéraux, je ne m'occuperai ici que de ces dernières.

Les notations $e^{\frac{1}{l}}$ et $e^{\frac{1}{l'}}$ représentant en général tous les rhomboèdres directs et inverses situés sur les angles e, la

valeur de l et de l' sera donnée par les formules

$$(1) \qquad l = \frac{\delta \sin(C + \alpha)}{\sin(C + \alpha - E)},$$

$$(2) \qquad l' = \frac{\delta \sin(C + \alpha')}{\sin(C + \alpha' - E)},$$

dans lesquelles δ représente la longueur de la demi-diagonale oblique des faces du rhomboèdre primitif, C est l'angle aigu que ces faces font avec un plan perpendiculaire à l'axe vertical, E est le supplément de l'angle au sommet formé par la diagonale oblique avec l'arête culminante opposée b; α est l'angle obtus que les rhomboèdres directs font avec le plan perpendiculaire à l'axe, et α' l'angle aigu que les rhomboèdres inverses font avec le même plan (*fig.* 87, *Pl. III*); par conséquent, $C + \alpha$ est l'inclinaison donnée immédiatement par l'observation d'un rhomboèdre direct sur la face primitive correspondante, et $C + \alpha'$ est l'angle compris entre un rhomboèdre inverse et la face primitive opposée; comme les cristaux n'ont en général qu'un seul sommet, il est rare que ce dernier angle s'obtienne directement, mais il est toujours facile de le déduire de celui qu'on mesure entre le rhomboèdre dérivé et la face $e^{\frac{1}{2}}$ adjacente.

Réciproquement, si l'on connaît la notation d'un rhomboèdre direct ou inverse, les angles α et α' se calculeront au moyen des formules

$$(3) \qquad \text{tang}\,\alpha = \frac{l + 1}{(1 - 2l)\cot C},$$

$$(4) \qquad \text{tang}\,\alpha' = \frac{l' + 1}{(2l' - 1)\cot C}.$$

Le symbole d'un rhomboèdre quelconque est aussi lié à celui de son inverse par la relation

$$(5) \qquad l' = \frac{2 - l}{4l + 1}.$$

Enfin, le signe des rhomboèdres tangents sera

$e^{\frac{1}{1+2l}}$ pour les rhomboèdres directs,

$e^{\frac{1-l'}{2l'}}$ pour les rhomboèdres inverses.

Les formules relatives aux rhomboèdres situés sur les angles culminants de la forme primitive sont aussi simples que les précédentes, et elles s'établiraient avec la même facilité.

On peut également calculer la notation des faces nommées plagièdres par Haüy en fonction d'une de leurs incidences, et réciproquement. On sait, en effet, que toutes ces faces appartiennent soit à la zone $p\ s\ e^2$, soit à la zone $e^{\frac{1}{2}}\ s\ e^2$, s étant la face rhombe commune aux deux zones. La position de ces zones une fois déterminée, il existe plusieurs méthodes qui donnent les longueurs interceptées par les plagièdres sur les arêtes de la forme primitive, lorsqu'on possède l'inclinaison de ces modifications sur une des faces de leur zone.

L'une des méthodes les plus simples consiste à employer les équations suivantes :

1°. Pour les plagièdres de la zone $p\ s\ e^2$, situés au-dessous du rhombe ; $u\ v\ w$ étant les trois nombres entiers employés dans la notation de Miller, ces nombres seront donnés par la relation

$$\frac{u}{-2n} = \frac{v}{m+n} = \frac{w}{n},$$

et les quantités m et n se déduiront du rapport

$$\frac{m}{n} = 3 \cdot \frac{\sin sp}{\sin se^2} \cdot \frac{\sin \pi e^2}{\sin \pi p},$$

dans lequel πe^2 et πp représentent l'incidence du plagièdre sur la face verticale et sur la face primitive qui font partie de la zone.

2°. Pour les plagièdres situés au-dessus de s, on aura

$$\frac{u}{-2m} = \frac{v}{m+n} = \frac{w}{m}$$

et

$$\frac{m}{n} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\sin se^2}{\sin sp} \cdot \frac{\sin tp}{\sin te^2}.$$

3°. Pour les plagièdres de la zone $e^{\frac{1}{2}}\, s\, e^2$, situés au-dessous de s, les équations seront

$$\frac{u'}{-(m'+n')} = \frac{v'}{2m'-n'} = \frac{w'}{2(m'+n')}$$

et

$$\frac{m'}{n'} = \frac{\sin se^{\frac{1}{2}}}{\sin se^2} \cdot \frac{\sin xe^2}{\sin xe^{\frac{1}{2}}}.$$

4°. Pour les plagièdres situés au-dessus du rhombe,

$$\frac{u'}{(m'+n')} = \frac{v'}{m'-2n'} = \frac{w'}{-2(m'+n')}$$

et

$$\frac{m'}{n'} = \frac{\sin se^2}{\sin se^{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{\sin \tau e^{\frac{1}{2}}}{\sin \tau e^2}$$

Si maintenant on considère la *fig.* 88, *Pl. III*, sur laquelle le rhomboèdre $e^{\frac{1}{2}}$ est indiqué par le triangle $a\,m\,m'$ et le prisme hexagonal e^2 par les triangles $n\,e''\,e'''$ et $n'\,e\,e'$, il est facile de voir que le rhombe s, pour se trouver à la fois dans les deux zones, p droit e^2 gauche, et $e^{\frac{1}{2}}$ gauche e^2 droit, doit être représenté par le triangle $e''\,n\,q$ dont le symbole peut s'écrire indifféremment, dans le système de Lévy, $(d^1\, d^{\frac{1}{4}}\, b^{\frac{1}{2}})$ ou $(b^{\frac{1}{2}}\, d^1\, d^{\frac{1}{4}})$. Tous les plagièdres de la zone $e^{\frac{1}{2}}\, s\, e^2$, devant couper la face $e^{\frac{1}{2}}$ suivant des lignes parallèles à am ou nq, seront exprimés par des symboles de

la forme $(b^x d^1 d^{2x})$ ou $(b^x d^1 d^{\frac{x}{2}})$; le premier indiquera des plagièdres inférieurs au rhombe, pour toutes les valeurs de x plus petites que $\frac{1}{2}$; pour $x = 0$ la modification sera exprimée par le signe $(b^0 d^1 d^0)$ qui est précisément celui du second prisme d^1, tangent aux arêtes latérales; pour $x = \frac{1}{2}$ l'expression $(b^{\frac{1}{2}} d^1 d^1)$ représentera le prisme hexagonal e^2 figuré par les triangles $e\,e'\,n'$ et $n\,e''\,e'''$: si la valeur de x dépassait $\frac{1}{2}$, on retomberait sur les plagièdres de la zone $p\,s\,e^2$, dont nous parlerons tout à l'heure, et comme l'expression $(b^x d^1 d^{2x})$ peut s'écrire $(d^1 d^{\frac{1}{2x}} b^{\frac{1}{x}})$, pour $x = \infty$ la troncature se réduirait au triangle $n\,e'\,e''$ compris dans une face du rhomboèdre primitif.

Le second symbole $(b^x d^1 d^{\frac{x}{2}})$ se rapporte encore à des plagièdres inférieurs, si x est plus petit que $\frac{1}{2}$; pour $x = \frac{1}{2}$ on a $(b^{\frac{1}{2}} d^1 d^{\frac{1}{4}})$, qui est précisément le rhombe, représenté par le triangle $n\,q\,e''$; toutes les valeurs de x supérieures à $\frac{1}{2}$ nous donnent des plagièdres supérieurs au rhombe; si $x = 2$, le plagièdre $(b^1 d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{1}{2}})$ se confond avec le rhomboèdre $e^{\frac{1}{2}}$, et si $x = m > 2$, l'expression $(b^1 d^{\frac{1}{m}} d^{\frac{1}{2}})$ indique des troncatures situées sur l'arête d'intersection des faces p et $e^{\frac{1}{2}}$; lorsque m devient égal à ∞, on retombe comme tout à l'heure sur un triangle $a\,m\,e'$ compris dans la face rhomboïdale p'.

Les plagièdres de la zone $p\,s\,e^2$ peuvent tous être ramenés à un plan coupant la face p, par exemple, suivant la ligne $e''\,n$, menée par l'angle latéral e'' et par le milieu de l'arête

culminante $a\,e'$, ce plan rencontrant d'ailleurs l'arête latérale $e'\,e'''$ en un point quelconque de sa longueur; le symbole général de tous ces plagièdres sera donc de la forme $(d^1\,d^x\,b^{\frac{1}{2}})$, x étant un nombre quelconque plus petit que l'unité; si x était égal à 1, on retomberait sur le prisme hexagonal e^2; toutes les valeurs de x plus petites que $\frac{1}{4}$ indiqueront des plagièdres supérieurs au rhombe, toutes les valeurs comprises entre $\frac{1}{4}$ et 1 se rapporteront au contraire à des plagièdres inférieurs.

Il est d'ailleurs facile de voir, comme précédemment, que pour les valeurs extrêmes $x = 0$ et $x = \infty$ on a un triangle $n\,e'\,e'''$ compris dans la face rhomboïdale p', ou un plan parallèle à l'arête latérale $e'\,e''$ et coupant la face p suivant la ligne $n\,n''$: le symbole de ce plan pourrait donc s'écrire d^2; c'est le solide auquel Haüy a donné le nom de dodécaèdre *métastatique*.

Il est évident, d'après ce que j'ai dit précédemment sur les rapports qui existent entre la notation rhomboédrique de Miller et celle de Lévy, que si, parmi les longueurs $u\,v\,w$ ou $u'\,v'\,w'$, on a soin de compter celles qui ont le même signe algébrique sur les deux arêtes de même espèce qui concourent avec une troisième arête d'espèce différente, à chaque angle solide latéral de la forme primitive, les expressions $(b^{\frac{1}{u}}\,d^{\frac{1}{v}}\,d^{\frac{1}{w}})$, $(b^{\frac{1}{v}}\,d^{\frac{1}{u}}\,d^{\frac{1}{w}})$ ou $(b^{\frac{1}{w}}\,d^{\frac{1}{u}}\,d^{\frac{1}{v}})$ pourront toujours se ramener à l'une des formes $(b^x\,d^1\,d^{2x})$ $(b^x\,d^1\,d^{\frac{x}{2}})$ ou $(d^1\,d^x\,b^{\frac{1}{2}})$ que je viens de discuter.

Si maintenant, étant donné le signe cristallographique d'un plagièdre quelconque, on voulait trouver son inclinaison sur une des faces de sa zone, on pourrait avoir recours aux relations suivantes :

1°. Pour les plagièdres inférieurs de la zone $p\;s\;e^2$, dont le symbole général est, dans la notation de Miller,

$(u\,v\,w)$; $u = -2w$, on peut poser

$$-\frac{1}{3}\cdot\frac{\sin se^2}{\sin sp}\cdot\frac{u+2v}{u}=\mathrm{K}$$

et

$$\operatorname{tang}\frac{1}{2}(\pi e^2-\pi p)=\operatorname{tang}\frac{1}{2}(pe^2)\cdot\frac{\mathrm{K}-1}{\mathrm{K}+1}.$$

Or

$$\frac{1}{2}(pe^2)=\frac{1}{2}(\pi e^2+\pi p);$$

au moyen de la demi-somme et de la demi-différence des angles πe^2 et πp, on pourra donc déterminer chacun d'eux.

2°. Pour les plagièdres supérieurs, on posera

$$-3\cdot\frac{u}{u+2v}\cdot\frac{\sin sp}{\sin se^2}=\mathrm{K}'$$

et

$$\operatorname{tang}\frac{1}{2}(tp-te^2)=\operatorname{tang}\frac{1}{2}(pe^2)\cdot\frac{\mathrm{K}'-1}{\mathrm{K}'+1},$$

relations d'où l'on pourra conclure les valeurs de tp et de te^2.

3°. On aura de même pour les plagièdres inférieurs de la zone $e^{\frac{1}{2}}se^2$, dont le symbole général est $(u'\,v'\,w')$, $u' = -\frac{1}{2}w'$, les formules suivantes :

$$\frac{u'-v'}{2u'+v'}\cdot\frac{\sin se^2}{\sin se^{\frac{1}{2}}}=\mathrm{L}$$

et

$$\operatorname{tang}\frac{1}{2}(xe^2-xe^{\frac{1}{2}})=\operatorname{tang}\frac{1}{2}(e^{\frac{1}{2}}e^2)\cdot\frac{\mathrm{L}-1}{\mathrm{L}+1},$$

d'où l'on tirera les valeurs de xe^2 et de $xe^{\frac{1}{2}}$.

4°. Enfin, pour les plagièdres supérieurs de la même zone, en posant

$$\frac{2u'+v'}{u'-v'}\cdot\frac{\sin se^{\frac{1}{2}}}{\sin se^2}=\mathrm{L}'$$

et

$$\operatorname{tang}\frac{1}{2}(\tau e^{\frac{1}{2}}-\tau e^2)=\operatorname{tang}\frac{1}{2}(e^{\frac{1}{2}}e^2)\cdot\frac{\mathrm{L}'-1}{\mathrm{L}'+1},$$

on connaîtra $\tau e^{\frac{1}{2}}$ et τe^2.

Mes observations m'ont fait voir que les faces plagièdres

de zones différentes, mais d'angles égaux, étaient plus communes qu'on ne l'avait remarqué jusqu'ici ; il peut donc être utile, lorsque l'on connaît une de ces faces, de déterminer immédiatement le symbole de son inverse : cette transformation se fait facilement, au moyen des formules suivantes qui se trouvent *page* 85 de la traduction française du *Traité de Cristallographie* de Miller :

$$p = 2(k + l) - h,$$
$$q = 2(h + l) - k,$$
$$r = 2(h + k) - l;$$

$h\ k\ l$ sont les coefficients d'une face plagièdre quelconque, et $p\ q\ r$ ceux de la forme inverse de cette face.

Les autres faces du quartz que j'ai nommées faces *isolées*, parce qu'elles ne font pas partie des zones principales dont j'ai parlé jusqu'à présent, sont toujours comprises au moins dans une zone formée par deux faces de position bien déterminée ; leur signe cristallographique s'obtiendra donc en général par un calcul fort simple, au moyen de leur incidence sur une de ces faces.

Quant aux zones qui, à cause de leur multiplicité, jouent un rôle très-important dans la cristallisation du quartz, on peut les déterminer, soit au moyen des procédés algébriques donnés par M. Miller dans sa Cristallographie, soit par une construction géométrique sur la figure du rhomboèdre en perspective ou en projection ; dans ce dernier cas on ramène toujours leur détermination à une comparaison de triangles semblables dérivant immédiatement de la position des faces sur les arêtes de la forme primitive.

DE LA CHALEUR PRODUITE PAR L'INFLUENCE DE L'AIMANT SUR LES CORPS EN MOUVEMENT ;

PAR M. LÉON FOUCAULT.

En 1824, Arago observa le fait remarquable de l'entraînement de l'aiguille aimantée par les corps conducteurs à

l'état de mouvement. Le phénomène parut fort singulier; il resta même sans explication jusqu'au jour où M. Faraday annonça l'importante découverte des courants d'induction. Dès lors il fut prouvé que dans l'expérience d'Arago le mouvement fait naître des courants qui, réagissant sur l'aimant, tendent à l'associer au corps mobile et à l'entraîner dans le même sens. On peut dire, d'une manière générale, que l'aimant et le corps conducteur tendent par une influence mutuelle vers le repos relatif.

Si, malgré cette influence, on veut que le mouvement persiste, il faut fournir incessamment un certain travail, la partie mobile semble être pressée par un frein, et ce travail produit nécessairement un effet dynamique que j'ai jugé, suivant les nouvelles doctrines, devoir se retrouver en chaleur.

On arrive à la même conséquence en ayant égard aux courants d'induction qui se succèdent à l'intérieur du corps en mouvement; mais cette manière de considérer les choses ne donnerait que très-péniblement une idée de la quantité de chaleur produite, tandis que, en considérant cette chaleur comme due à une transformation de travail, il me parut certain qu'on produirait aisément dans une expérience décisive une élévation sensible de température.

Ayant précisément sous la main tous les éléments nécessaires à une prompte vérification, j'ai procédé comme il suit à l'exécution :

Entre les pôles d'un fort électro-aimant, j'ai partiellement engagé le solide de révolution appartenant à l'appareil rotatif que j'ai nommé *gyroscope* et qui m'a précédemment servi pour des expériences d'une tout autre nature. Ce solide est un tore en bronze relié par un pignon denté à un rouage moteur, et qui, sous l'action de la main armée d'une manivelle, peut ainsi prendre une vitesse de 150 à 200 tours par seconde. Pour rendre plus efficace l'action de l'aimant, deux pièces en fer doux surajoutées aux

bobines prolongent les pôles magnétiques et les concentrent au voisinage du corps tournant.

Quand l'appareil est lancé à toute vitesse, le courant de six couples Bunsen, dirigé dans l'électro-aimant, éteint le mouvement en quelques secondes, comme si un frein invisible était appliqué au mobile : c'est l'expérience d'Arago développée par M. Faraday. Mais si alors on pousse à la manivelle, pour restituer à l'appareil le mouvement qu'il a perdu, la résistance qu'on éprouve oblige à fournir un certain travail dont l'équivalent reparaît et s'accumule effectivement en chaleur à l'intérieur du corps tournant.

Au moyen d'un thermomètre qui plonge dans la masse, on suit pas à pas l'élévation progressive de la température. Ayant pris, par exemple, l'appareil à la température ambiante de 16 degrés centigrades, j'ai vu successivement le thermomètre monter à 20, 25, 30 et 34 degrés; mais déjà le phénomène était assez développé pour ne plus réclamer l'emploi des instruments thermométriques : la chaleur produite était devenue sensible à la main.

Quelques jours après, la pile étant réduite à deux couples, un disque plat formé de cuivre rouge s'est élevé en deux minutes d'action à la température de 60 degrés.

Si l'expérience semble digne d'intérêt, il sera facile de disposer un appareil pour reproduire en l'exagérant le phénomène que je signale. Il n'est pas douteux que par une machine convenablement construite et composée seulement d'aimants permanents on n'arrive à produire de la sorte des températures élevées, et à mettre sous les yeux du public assemblé dans les amphithéâtres un curieux exemple de la conversion du travail en chaleur.

MÉMOIRE

Sur la saponification des huiles sous l'influence des matières qui les accompagnent dans les graines;

PAR M. J. PELOUZE.

Depuis que les travaux de M. Chevreul ont assimilé les corps gras à des éthers ou à des sels, et fait connaître leur dédoublement régulier, sous l'influence des alcalis hydratés, en acides spéciaux et en glycérine, il a été facile de prévoir que des réactions analogues se montraient dans d'autres circonstances. C'est ainsi que M. Fremy, prenant pour guide ces travaux, a montré que les huiles et en général les corps gras neutres étaient transformés entièrement en acides gras par l'acide sulfurique concentré.

L'union préalable de cet acide avec les acides oléique et margarique et avec la glycérine n'enlève rien à la netteté finale de ce dernier phénomène de saponification.

Toutefois, à part ces deux modes de saponification des corps gras par les bases et par les acides, rien de précis n'avait été jusqu'à présent signalé sur leur acidification par d'autres agents.

Il importe cependant d'indiquer ici l'état de la question au moment où j'en ai abordé l'étude.

« Les substances étrangères dont les corps gras sont souillés exercent sur eux la même action que le ferment sur les liquides sucrés; l'altération qu'elles éprouvent provoque la décomposition des combinaisons glycériques; les acides gras sont alors mis en liberté, ainsi que l'oxyde de glycéryle qui se sépare tantôt sans altération, comme dans l'huile de palme, tantôt en se décomposant aussi, comme dans la plupart des autres corps gras. » (Liebig, *Chimie organique*, tome II, page 254.)

« Les circonstances nécessaires à la fermentation des ma-

» tières grasses sont les mêmes qui se retrouvent dans toutes
» les fermentations. Il faut le concours d'une matière al-
» buminoïde, celui de l'eau, celui de l'air et enfin celui
» d'une température de 15 à 30 degrés.

» Dans ces conditions, la matière s'échauffe et revêt bien-
» tôt tous les caractères d'une graisse rancie. » (Dumas, *Traité de Chimie*, tome VI, page 373.)

« Les huiles inodores et sans saveur prennent en pré-
» sence de l'air et de l'humidité un goût désagréable et une
» odeur très-persistante. Les fruits charnus oléifères, les
» graines oléagineuses mouillées, éprouvent une véritable
» fermentation dont le résultat est la désunion des acides et
» de la glycérine. J'ai eu l'occasion d'observer une sembla-
» ble production d'acide libre, pendant la putréfaction de
» semences riches en matières grasses. » (Boussingault, *Économie rurale*, Ier volume, page 300.)

M. Bernard a établi que le sucre pancréatique dédoublait rapidement les corps gras neutres en acides et en glycérine. (*Comptes Rendus*, tome XXVIII, page 249 et 283.)

M. Berthelot, dans sa thèse, dit quelques mots sur l'acidification des matières grasses neutres, soit naturelles, soit artificielles, au contact de l'air; il attribue cette transformation à l'humidité atmosphérique, et la compare au dédoublement qu'éprouvent ces mêmes corps en vase clos, à une température élevée, sous l'influence de l'eau.

Enfin, je rappellerai qu'il y a dix-sept ans nous avons constaté, M. Boudet et moi, que l'huile de palme du commerce est un mélange de glycérine, de matière grasse neutre et d'acide dont la proportion s'élevait quelquefois jusqu'aux $\frac{4}{5}$ du poids même de l'huile.

Je ne parlerai pas ici de l'altération lente que les matières grasses éprouvent au contact de l'air : ce phénomène, encore aujourd'hui si obscur, semble d'ailleurs n'avoir qu'un rapport fort éloigné avec la saponification proprement dite ; il est accompagné d'une absorption d'oxygène et d'un déga-

gement d'acide carbonique, circonstances étrangères à la saponification proprement dite.

Les faits dont je vais maintenant présenter l'analyse font connaître un dédoublement très-net des corps gras en acides et en glycérine, sans que l'air intervienne dans la réaction. On peut les résumer ainsi :

Lorsque les graines et les diverses semences oléagineuses sont soumises à une division qui brise les cellules et met en contact intime les substances dont elles se composent, les corps gras neutres renfermés dans ces graines se changent en acides gras et en glycérine.

Il se passe ici quelque chose d'analogue à ce qu'on remarque dans le raisin, la pomme et dans beaucoup d'autres fruits dont le sucre se change, aussitôt qu'on déchire les cellules qui l'isolent du ferment, en alcool et en acide carbonique.

Des graines de lin, de colza, de moutarde, d'œillette, de pavots, d'arachide, de sézame, de cameline, de camomille; des noix, des noisettes, des amandes douces et des amandes amères ont été successivement broyées dans un mortier; l'huile retirée *immédiatement*, soit par la pression, soit par l'éther ou la benzine, ne contenait pas ou ne contenait que des traces d'acides gras.

Cette première série d'expériences nombreuses et plusieurs fois répétées établit que les graines, au moment où on les divise, contiennent la totalité de leur matière grasse à l'état neutre. Elle s'accorde avec ce que l'on savait généralement sur ce point.

A ma prière, M. Bouquet, directeur des grands établissements de produits chimiques et pharmaceutiques de M. Menier, a bien voulu faire réduire en farine, sous ses yeux, une certaine quantité de la plupart des espèces de graines ci-dessus indiquées. Il a renfermé ses graines bien divisées, et dont les poids variaient de 2 à 6 kilogrammes,

dans des vases en grès bouchés avec des bouchons de liége, et il les a expédiées à mon laboratoire.

J'ai constaté que ces farines contenaient toutes, au bout de quelques jours, des quantités notables de glycérine et d'acides gras, qui allaient sans cesse en croissant pendant plusieurs mois.

Les graines broyées étant renfermées dans des vases fermés, il y avait tout lieu de croire que l'air n'intervenait pas dans cette réaction et qu'elle s'accomplissait en son absence. J'ai confirmé cette présomption en broyant moi-même des graines choisies parmi celles qui subissaient le plus rapidement cette sorte de saponification spontanée, et les introduisant dans des bocaux en verre qu'elles remplissaient complétement et que je bouchais aussitôt avec soin.

Au bout de quelques jours, j'ai obtenu des quantités toujours facilement appréciables et quelquefois considérables d'acides gras.

Ainsi, des noix réduites en pâte ont donné, à une température de 10 à 25 degrés, après cinq jours, une huile contenant 9 pour 100, et un autre échantillon, après huit jours, 15 pour 100 de son poids d'acides gras.

J'ai trouvé après huit jours 6 pour 100, après un mois 17,5 pour 100, et après trois mois 47,5 pour 100 d'acide gras dans l'huile de sézame.

Les huiles d'œillette et de pavots se sont comportées à peu près de la même manière.

Les amandes douces, après trois semaines, ont donné une huile ne contenant que $3\frac{1}{2}$ pour 100 d'acide gras; l'huile d'arachide, au bout d'un mois, en contenait 6,3 pour 100, après trois mois, 14 pour 100.

La graine de lin et celle de colza, après trois semaines, fournissaient une huile contenant 5 à 6 pour 100 d'acides gras.

La saponification dont il est ici question paraît varier d'ailleurs, quant à son intensité, non-seulement avec la

température, mais aussi avec les quantités de graines broyées sur lesquelles on opère. Je n'ai pas rencontré, jusqu'à présent, d'huile entièrement saponifiée; celle qui m'a donné le plus d'acide est l'huile d'œillette.

J'avais, pendant quatre mois, conservé la graine d'œillette réduite en poudre dans un des vases en terre que m'avait envoyés M. Bouquet. Au bout de ce temps, elle m'a fourni une huile contenant 85 à 90 pour 100 d'acide gras.

Si maintenant je passe des graines simplement divisées aux tourteaux qui proviennent de l'extraction en grand des huiles, je remarque qu'ils contiennent tous des acides gras, et que, s'ils sont vieux, il arrive presque toujours qu'ils ne contiennent plus d'huile, celle-ci ayant été tout entière acidifiée.

Il serait intéressant, comme conséquence de cette transformation complète de la matière grasse neutre en acides dans les tourteaux vieux, de rechercher leur influence sur l'alimentation des bestiaux, et de la suivre depuis le commencement de cette saponification spontanée, c'est-à-dire depuis le moment même où la graine vient d'être broyée et l'huile extraite, jusqu'à celui où l'acidification est devenue entière. Il reste en moyenne 10 pour 100 de matières grasses dans les tourteaux, et il n'est guère vraisemblable que l'état neutre ou l'état acide de ces matières soit indifférent pour l'alimentation des animaux.

Lorsque les graines oléagineuses sont réduites en poudre et mouillées avec de l'eau, elles entrent au bout de quelques jours en putréfaction et exhalent une odeur fétide et fortement ammoniacale. Loin de contenir plus d'acides gras que les graines simplement broyées, elles en contiennent sensiblement moins. Il semble que le ferment ou la matière organique, quelle qu'elle soit, qui en remplit le rôle, se détruise et cesse d'agir sur les huiles neutres. J'ai vainement essayé d'isoler cette matière.

Dans le cours de mes recherches, j'ai constaté que le

sucre contenu en proportion considérable dans les noix, les noisettes, les amandes douces et amères, est identique avec celui de canne, et que ces graines ne contenaient pas une trace de glucose. La presque totalité du sucre reste dans les tourteaux, après qu'on en a séparé l'huile par expression. Il est si abondant dans le tourteau de noix, qu'en délayant celui-ci dans de l'eau avec de la levûre de bière, on voit, au bout de quelques instants, s'établir dans le mélange une fermentation active qui donne lieu à des quantités notables d'alcool faciles à séparer par la distillation (1).

Je donnerai ailleurs des détails sur les procédés que j'ai suivis pour déterminer la proportion des acides gras mêlés aux huiles.

Si l'on se bornait à traiter par l'alcool absolu ces sortes de mélanges, on pourrait commettre les plus graves erreurs. J'ai constaté, en effet, qu'à la faveur des acides gras les huiles neutres pouvaient se dissoudre dans l'alcool. Quand on mêle de l'alcool avec des huiles, on détermine la dissolution de celles-ci en ajoutant au mélange de l'acide oléique : et si cet acide est en grand excès relativement à l'huile, une nouvelle addition d'huile ne produit plus de trouble dans le mélange.

J'ai fait sur la saponification une expérience qui n'a aucun rapport avec les précédentes, mais que je relaterai ici parce que je la crois propre à bien expliquer pourquoi la potasse et la soude, qui sont des bases si énergiques, saponifient cependant les corps gras beaucoup plus lentement que la chaux. Il était présumable que cette circonstance tient à ce que le lait de chaux se mêle beaucoup mieux aux corps gras qu'une dissolution de potasse ou de soude.

L'expérience suivante rend cette explication très-plausible.

---

(1) Les amandes douces contiennent 10 pour 100 de leur poids de sucre, les grosses noix 12,5 et les avelines 15 pour 100.

Quand on dissout une huile neutre dans l'alcool chaud et qu'on y ajoute une dissolution alcoolique de potasse, le mélange porté à l'ébullition est instantanément saponifié : l'eau n'en sépare plus la moindre trace de matière grasse, et la dissolution fournit avec l'acide chlorhydrique des acides gras entièrement solubles dans les alcalis et dans l'alcool.

De même, si l'on mêle une huile avec un excès d'acide sulfurique concentré, la saponification se fait instantanément et d'une manière complète; l'huile tout entière est transformée en acides sulfo-gras et en acide sulfoglycérique.

Dans les deux cas que je cite, la saponification est immédiate, parce que les corps que l'on met en présence et ceux qui se forment, se mêlent en toutes proportions et présentent ainsi des points de contact très-nombreux et très-intimes.

La saponification des corps gras neutres par la potasse ou la soude avec l'alcool, au lieu d'eau, comme dissolvant, pourra être faite avec utilité dans les cours, car elle exige en quelque sorte moins de temps pour être réalisée que pour être décrite, et jusqu'ici cette réaction curieuse, faite dans les conditions ordinaires, exigeait beaucoup trop de temps pour pouvoir être exécutée, même sur une très-petite échelle, sous les yeux d'un auditoire, pendant la durée d'une leçon.

La même facilité d'exécution s'applique à la saponification des huiles par l'acide sulfurique concentré.

Puisque j'ai parlé des acides sulfo-gras de M. Fremy, j'ajouterai que les résidus d'épuration de l'huile de colza sont principalement formés de ces acides et d'acide sulfoglycérique. Ces résidus, dont le prix s'est presque tout à coup élevé de 5 francs à plus de 60 francs les 100 kilos, sont employés dans la mégisserie et surtout dans la fabrication de l'alcool de betteraves pour éteindre la mousse

produite pendant les fermentations. Les industriels qui en font usage devront se souvenir que ces résidus ne sont pas seulement, comme on le croit, des huiles salies par des matières colorantes et charbonneuses auxquelles a donné naissance le traitement de l'huile de colza par l'acide sulfurique, mais qu'elles contiennent surtout des acides doubles et qu'elles ne peuvent produire des acides gras sans éliminer en même temps une certaine quantité d'acide sulfurique. Un de ces échantillons de résidus de fabriques, qui m'avait été envoyé de Lille par M. Kuhlmann, était entièrement soluble dans l'eau froide, bien qu'on eût pu le confondre par l'aspect avec de l'huile.

M. Thenard, qui est le fondateur de l'industrie de l'épuration des huiles à brûler, devenue l'une des plus considérables des départements du Nord, avait remarqué que la purification ne se produisait bien qu'avec de l'acide sulfurique très-concentré; on s'explique maintenant cette circonstance par la connaissance exacte de la nature du résidu même de l'épuration.

Les faits nouveaux consignés dans le travail dont je viens de lire le résumé, ne sont pas sans quelque application.

Ainsi, la farine de lin, selon qu'elle est récente ou vieille, est neutre ou acide. Elle ne doit pas agir de la même manière comme médicament. Il faut exclure celle qui a été préparée depuis longtemps, même alors qu'elle a été conservée dans des vases bien bouchés. J'ai plusieurs fois trouvé, dans le commerce, de la farine de lin dont l'huile était entièrement acidifiée.

Un lait d'amande, qui vient d'être fait, contient de l'huile d'amandes douces neutre; dès le lendemain, cette huile a déjà subi un commencement d'acidification.

Telle huile comestible aura une composition et partant une saveur différente, suivant que la graine dont on l'a extraite aura été soumise à la pression, après un temps plus ou moins long. Les meilleures huiles à manger sont celles

dont l'extraction a été faite immédiatement après le broyage de la graine.

Les tourteaux anciens peuvent servir avantageusement à la fabrication d'un savon économique. Il suffit de les mêler avec une eau alcaline en prenant seulement la précaution de n'en préparer d'avance que de faibles provisions, car, au bout de quelques jours, la matière albuminoïde qu'ils renferment commence à se décomposer et à exhaler une odeur désagréable.

Dans un prochain Mémoire, j'indiquerai une nouvelle application que j'ai faite des huiles partiellement acidifiées à la fabrication du rouge d'Andrinople.

SUR LE DOSAGE DE L'OXYGÈNE DANS LES ANALYSES ORGANIQUES;

PAR M. BAUMHAUER (d'Amsterdam).

L'analyse élémentaire des substances organiques ne laisse rien à désirer relativement à la détermination du carbone, de l'hydrogène et de l'azote. L'oxygène, au contraire, n'a été dosé que par différence. Ce fait a privé l'analyse organique d'un contrôle nécessaire; non-seulement il a influencé le dosage du carbone, de l'hydrogène et de l'azote, mais d'autres éléments ont échappé à l'analyse par suite du manque de contrôle : il suffit de citer la *taurine*, dont les 25,6 pour 100 de soufre ont si longtemps passé inaperçus.

En 1853, j'ai publié une notice préliminaire sur un mode de dosage de l'oxygène. Le principe en est très-simple; il consiste à brûler la substance organique par de l'oxyde de cuivre et à tenir compte de l'oxygène perdu par cet oxyde: la quantité d'oxygène contenu dans l'acide carbonique et l'eau obtenus, moins la quantité d'oxygène perdu par

l'oxyde de cuivre, représente alors la quantité d'oxygène contenu dans la substance analysée.

La substance organique est mélangée de la manière ordinaire avec de l'oxyde de cuivre et brûlée dans un tube de verre réfractaire ouvert aux deux bouts; à l'une des extrémités sont adaptés un tube à chlorure de calcium et un appareil avec de la potasse d'une forme particulière. Cet appareil communique avec une cloche graduée (A) placée sur du mercure. L'autre extrémité du tube à combustion communique avec une autre cloche (B). Tout l'appareil, ainsi que la cloche (B), est rempli d'oxygène, tandis que la cloche (A) attenant à l'appareil à potasse caustique plonge presque entièrement dans le mercure. Avant l'expérience le tube à chlorure de calcium et à potasse caustique, par lequel on a conduit un courant d'oxygène pour saturer la potasse, ont été pesés, tandis que la quantité de gaz dans les deux cloches a été mesurée.

La combustion se fait à la manière ordinaire, seulement sur un fourneau à gaz. Pendant la combustion un courant lent d'oxygène est chassé de la cloche (B) sur l'oxyde de cuivre, pour l'oxyder à mesure qu'il est réduit par la substance organique. A la fin de la combustion on chasse tout l'acide carbonique et la vapeur d'eau par ce courant d'oxygène dans les appareils. On laisse refroidir et on détermine de nouveau la quantité de gaz dans les deux cloches, et après avoir démonté l'appareil on pèse les tubes à chlorure de calcium et à potasse caustique et l'on fait les corrections pour la température et la pression sur le gaz oxygène contenu dans les deux cloches et dans tout l'appareil.

La quantité d'oxygène contenu dans les appareils avant la combustion, moins la quantité trouvée après la combustion, est l'oxygène cédé par l'oxyde de cuivre à la matière organique pour être complétement brûlée en acide carbonique et eau.

Cette méthode n'a été appliquée que sur des matières

non azotées; la quantité d'azote formé pendant la combustion augmente très-naturellement la quantité de gaz trouvé après la combustion.

L'exactitude de cette méthode a été établie à l'aide de nombreuses analyses.

L'appareil à potasse caustique de Liebig ne pouvait être utilisé pour ces expériences, la potasse caustique donnant une pression qui influerait naturellement sur le volume de gaz séparé par cette colonne de potasse.

Mon appareil joint aux avantages de l'appareil de Liebig celui de ne pas séparer la colonne de gaz, et en même temps d'éviter l'évaporation d'une petite quantité d'eau de la potasse par le courant de gaz sec qui la traverse.

Avec une légère modification ce procédé peut être rendu applicable à l'analyse des matières azotées. Voici comment : Le tube à combustion, de 1 mètre environ de longueur, ouvert aux deux extrémités, est rempli de la manière suivante :

Un demi-décimètre d'oxyde de cuivre;

Un demi-décimètre d'oxyde de cuivre mêlé avec une quantité pesée de chlorate de potasse très-pur et dont on a, par des expériences préliminaires, exactement déterminé la quantité d'oxygène qu'il donne;

Un demi-décimètre d'oxyde de cuivre contenant la matière à analyser;

Un décimètre d'oxyde de cuivre et une boule d'amiante;

Un décimètre de morceaux de porcelaine de la grosseur d'un petit pois, et une boule d'amiante;

Trois à quatre décimètres de tournure de cuivre métallique.

Cette dernière ouverture du tube à combustion communique avec les tubes à chlorure de calcium et à potasse caustique ci-dessus mentionnés; l'une des extrémités communique avec un gazomètre à hydrogène, et l'autre avec un gazomètre à azote. Ces appareils sont pourvus des tubes

contenant diverses substances pour purifier ces gaz, ainsi que d'un tube contenant du cuivre métallique pour enlever les dernières traces d'oxygène. Après cela on commence à balayer l'appareil par un courant d'hydrogène et en chauffant le cuivre métallique, séparé de l'oxyde cuivrique par une boule d'amiante, et la porcelaine, afin de réduire la dernière trace d'oxyde. L'hydrogène est ensuite chassé par un courant d'azote, tandis qu'on chauffe modérément dans un bain de sable le tube à combustion dans toute sa longueur pour chasser les dernières traces d'humidité. On pèse ensuite les tubes à chlorure de calcium et à potasse caustique et on les rejoint de nouveau à l'appareil. Ensuite on procède à la combustion en chauffant premièrement le cuivre métallique, la porcelaine, l'oxyde de cuivre, et enfin l'oxyde de cuivre contenant la matière.

Lorsqu'on est arrivé à la matière, on chauffe le chlorate pour établir un courant d'oxygène : après la combustion de la substance et la décomposition complète du chlorate, on ouvre le robinet qui jusqu'ici a été fermé, et on fait passer un courant d'azote dans lequel on laisse refroidir l'appareil ; pendant que ce courant continue, on enlève les appareils à chlorure de calcium et à potasse qui sont pesés, tandis qu'on adapte un nouveau tube à chlorure de calcium préalablement pesé.

Ensuite on fait passer un courant d'hydrogène et on chauffe de nouveau la partie remplie de cuivre métallique qui a absorbé tout l'oxygène du chlorate de potasse qui n'a pas formé de l'acide carbonique et de l'eau. L'oxyde de cuivre formé est réduit par l'hydrogène, et son oxygène transformé en eau, qui à son tour est absorbé par le chlorure de calcium et pesé.

L'azote contenu dans une matière azotée sort naturellement de l'appareil sous forme d'azote.

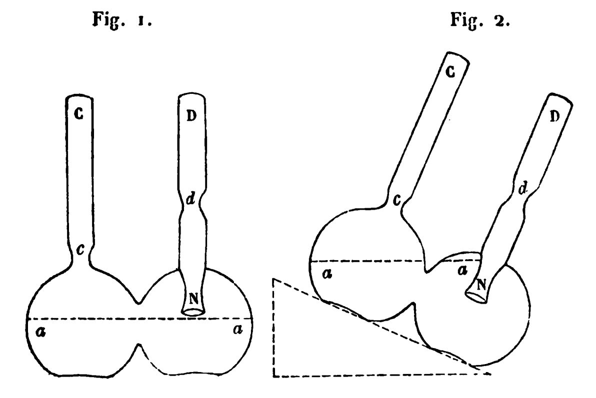
Nous avons ici de nouveau l'oxygène de l'acide carbonique et de l'eau contenue dans les deux tubes à chlorure

de calcium, moins l'oxygène contenu dans le chlorate, égal à l'oxygène de la matière.

Si l'on veut par la même expérience déterminer aussi la quantité d'azote contenue dans la substance, on n'a besoin que d'ajouter aux deux extrémités de l'appareil des cloches graduées, dont l'une placée entre le robinet et le tube à combustion est remplie, après la première pesée des appareils à potasse et à chlorure de calcium, d'azote, tandis que l'autre plonge presque entièrement dans le mercure.

L'opération est ici un peu plus compliquée et dure plus longtemps, car il faut faire refroidir complétement l'appareil afin de mesurer les gaz : l'excès de gaz trouvé après la combustion est l'azote dégagé par la matière.

Après la détermination de l'azote par volume, on démonte l'appareil; on pèse les boules à potasse et à chlorure de calcium et on réduit comme auparavant le cuivre oxydé.



La *fig.* 1 représente l'appareil à potasse dans sa position ouverte; la communication entre les deux branches n'est pas interceptée par la solution de potasse *aa*. La *fig.* 2, au contraire, représente la position fermée du même appareil, dont on se sert pendant la combustion. Dans cette dernière position chaque bulle de gaz est obligée de passer deux fois par la potasse caustique en traversant d'abord le tube

DN. Les tubes C*c* et D*d* sont remplis de petits morceaux de potasse fondue qui retient les traces de vapeur d'eau qui pourraient provenir de la solution de potasse caustique.

L'ouverture en N est élargie à dessein pour prévenir l'obstruction de l'appareil par la formation probable du bicarbonate de potasse.

RECHERCHES SUR QUELQUES DÉRIVÉS DE LA NAPHTALINE;

PAR M. LUCIEN DUSART.

Les expériences de Laurent nous ont appris que la naphtaline, sous l'influence prolongée de l'acide nitrique, outre les dérivés nitrés par substitution, donne un acide particulier produit de l'oxydation directe de cet hydrogène carboné, l'acide phtalique $C^{16}H^{6}O^{8}$, en même temps que 4 équivalents de carbone et 2 d'hydrogène s'éliminent sous forme d'acide oxalique. La nitronaphtaline sous l'influence de la potasse caustique présente un genre de réaction à peu près semblable. Elle perd 4 équivalents de carbone, mais l'hydrogène reste intact, et le carbone, au lieu de disparaître sous forme d'acide oxalique ou d'acide carbonique, paraît s'éliminer à l'état de carbone. Ainsi le produit obtenu représente la naphtaline nitrée moins 4 équivalents de carbone. On a donc $C^{20}H^{7}NO^{4} = 4C + C^{16}H^{7}NO^{4}$. C'est ce corps que je propose de rattacher au groupe phtalique; il représenterait le composé nitré d'un hydrogène carboné inconnu, la phtaline $C^{16}H^{8}$, isomère au cinnamène.

Les circonstances dans lesquelles j'ai opéré sont les suivantes : A 2 parties de potasse caustique dissoute dans la plus petite quantité d'eau possible on ajoute 1 partie de chaux récemment éteinte, on a ainsi une bouillie épaisse dans laquelle on fait tomber peu à peu la naphtaline proto-

nitrée. La réaction commence presque aussitôt, la masse prend une coloration rougeâtre; le mélange est maintenu pendant six heures environ à une température qui ne doit pas dépasser 100 degrés. Il faut avoir soin d'agiter de temps en temps et de projeter quelques gouttes d'eau pour remplacer celle qui s'évapore. Au bout de ce temps la réaction est terminée. On délaye la matière dans une grande quantité d'eau, et lorsque le produit formé et la chaux se sont rassemblés au fond du vase, on enlève avec un siphon la solution alcaline surnageante qui tient en dissolution un acide tachant fortement en jaune et dont il sera parlé plus loin. On lave de la même manière à plusieurs reprises jusqu'à ce que l'eau ne soit plus que faiblement colorée. Le produit brun-rougeâtre qui reste est traité par l'acide chlorhydrique étendu qui dissout la chaux, puis jeté sur un filtre et lavé pour enlever l'excès d'acide.

C'est cette matière qui renferme la phtaline nitrée en même temps qu'un autre corps brun auquel est due la coloration du produit. Quoique ce dernier corps soit presque aussi insoluble à chaud qu'à froid dans l'alcool, l'éther et les autres dissolvants, il m'a été impossible de le séparer de la phtaline nitrée à la faveur de laquelle il paraît se dissoudre. J'ai donc eu recours à la volatilisatiou dans un courant de vapeur d'eau. Ce procédé est très-laborieux et ne donne dans l'espace de quatre ou cinq heures qu'une vingtaine de grammes de matières. La nitrophtaline vient se condenser en gouttelettes huileuses qui cristallisent par le refoidissement. On peut opérer la distillation à feu nu, mais le produit est moins pur. Dans ce cas il faut avoir soin d'arrêter l'opération lorsque des vapeurs rougeâtres commencent à paraître.

A l'état de pureté c'est une matière jaune paille, insipide, d'une odeur aromatique faible; sa tendance à cristalliser est très-grande. Elle fond à 48 degrés, entre en ébullition vers 290 degrés et passe en abondance de 300 à

320 degrés en laissant un faible résidu de charbon. Très-soluble dans l'éther et l'huile de houille, peu soluble dans l'alcool à froid, elle se dissout en grande quantité à chaud et cristallise en longues aiguilles par le refroidissement de la liqueur. L'eau froide ne paraît pas la dissoudre, mais l'eau dans laquelle on l'a volatilisée en renferme une quantité notable qui lui communique une odeur aromatique; par le refroidissement il se dépose des aiguilles soyeuses.

La potasse caustique en dissolution aqueuse et concentrée l'attaque à chaud en donnant un acide jaune. Il en est de même de la chaux et de la baryte dont l'action est plus faible. Si, au lieu d'employer la potasse aqueuse, on dessèche doucement la matière après avoir ajouté un excès de chaux, puis qu'on chauffe graduellement, il se fait une grande quantité d'ammoniaque une huile odorante en même temps que les parois de la cornue se recouvrent de longues aiguilles jaunes qui se dissolvent dans l'acide sulfurique avec une belle couleur bleue violacée. C'est sans doute le produit que Laurent a obtenu en distillant la naphtaline nitrée dans les mêmes circonstances. La matière huileuse se dissout un peu dans l'eau; si l'on ajoute quelques gouttes de perchlorure de fer à cette solution, il se fait au bout de quelques minutes un beau précipité bleu indigo que les alcalis font virer au rouge.

L'acide sulfurique la colore en rouge en la dissolvant. Le sulfure d'ammonium donne naissance à un nouvel alcaloïde.

Le produit distillé a donné à l'analyse, pour la formule

$$C^{16}H^{7}NO^{4},$$

	Trouvé pour 100		Calculé.
C......	63,94	C......	64,4
H......	4,79	H......	4,69
N......	10,2	N......	9,39
O......	21,07	O......	21,52
	100,00		100,00

Il reste pour résidu une matière noire, brillante et dure, ressemblant assez au charbon obtenu par la calcination du sucre. Ce produit n'est point cependant du charbon. Il se dissout en grande quantité dans l'acide sulfurique et en est précipité par l'eau en flocons d'un rouge sale. L'alcool n'en dissout qu'une quantité très-faible en se colorant en rouge. Chauffé dans un tube, il donne une huile rouge qui cristallise et une grande quantité de charbon. Les nombres trouvés à l'analyse, peu concordants entre eux, donnent une forte proportion de carbone. Ce produit ne forme du reste qu'une quantité très-faible de la matière employée.

Phtalidine $C^{16}H^{9}N$. — Ce corps se produit par la réaction du sulfure d'ammonium en solution alcoolique sur le corps précédent. L'action est facilitée si, au lieu de distiller immédiatement, on maintient pendant quelques heures la solution au bain d'eau à une température de 50 degrés environ. La réduction s'opère presque complétement par une seule opération. Après avoir chassé la majeure partie de l'alcool par distillation, on évapore à une douce chaleur presque à siccité. On épuise le résidu par l'acide chlorhydrique étendu d'eau; la liqueur est filtrée après refroidissement et traitée par la potasse qui y fait naître d'abord un précipité blanc; ce précipité se redissout dans l'excès d'acide de la liqueur avec une belle teinte bleue. Un excès de potasse détermine la séparation complète de l'alcaloïde sous forme de flocons couleur de chair, dont la teinte passe au rouge en s'agrégeant. Le précipité jeté sur un filtre est lavé jusqu'à ce que l'eau ne soit plus alcaline. Il prend déjà sur le filtre une texture cristalline.

Ce corps, cristallisé par fusion, est d'une couleur rouge de réalgar; son odeur rappelle celle de la naphtalidine; sa saveur est piquante et désagréable. Il fond vers 22 degrés; au moment de la solidification le thermomètre remonte à 34°,5 où il reste stationnaire. Il commence à bouillir vers 255 degrés, mais la temperature s'élève rapidement; une

partie s'altère et il reste un résidu charbonneux. Sa solution n'agit pas sur le papier de tournesol rougi, mais ses vapeurs le bleuissent immédiatement. L'éther et l'alcool le dissolvent en toute proportion à chaud ; l'eau froide le dissout en quantité notable et le laisse déposer en longues aiguilles au bout de quelques jours. Sa solution aqueuse précipite en gris les sels de sous-oxyde de mercure ; en jaune les sels de protoxyde.

Le nitrate d'argent en est réduit en même temps qu'on observe dans la liqueur quelques cristaux très-légers et brillants. Le perchlorure d'or le noircit; l'eau chlorée le transforme en une matière d'un blanc jaunâtre.

On peut reconnaître des quantités très-petites de phtalidine au moyen du perchlorure de fer acide qui prend au bout de quelques minutes une belle teinte bleue. Cette propriété est commune à la morphine et à l'acide salicylique; il donne avec presque tous les acides des sels très-bien cristallisés.

Il a donné à l'analyse, après avoir été tenu pendant quelque temps à 130 degrés,

	Trouvé pour 100.		Calculé.
C......	80,45	C......	80,66
H....	7,42	H......	7,56
N......	11,24	N......	11,7

nombres qui s'accordent avec la formule assignée

$$C^{16} H^{9} N.$$

Le bichlorure de platine réduit rapidement la solution du chlorhydrate; la liqueur prend une coloration verdâtre et il se précipite des flocons bleus qui noircissent par la dessiccation.

Dans une solution du même sel saturée à chaud, le sel de platine donne de beaux cristaux jaunes qu'on n'a pas le temps de dessécher sans qu'ils s'altèrent en partie. Aussi m'a-t-il été impossible de déterminer l'équivalent par le

sel de platine. J'ai eu recours au dosage de ses différents sels et au composé éthylé.

Si l'on dissout à chaud l'alcaloïde dans l'alcool et qu'on sature par l'acide chlorhydrique, il se fait immédiatement une bouillie de cristaux bleus-violacés. La moyenne de deux analyses concordantes a donné pour la formule

$$C^{16}H^{9}N, ClH,$$

	Trouvé pour 100.		Calculé.
C......	60,65	C......	61,5
H......	6,64	H.....	6,41
N......	9,47	N......	9,6

Le nitrate $C^{16}H^{9}N, NO^{5}, HO$ se forme lorsqu'on ajoute de l'acide nitrique à la solution alcoolique de l'alcaloïde séché à l'étuve; à 110 degrés il a donné

	Trouvé pour 100.		Calculé.
N......	15,0	N.......	15,3

L'acide sulfurique concentré s'unit directement en donnant une coloration verdâtre foncée qui bleuit par une longue exposition à l'air en attirant l'humidité. Le sulfate $C^{16}H^{9}N, SO^{3}, HO$ peut s'obtenir par double décomposition, ou mieux par l'union directe comme les sels précédents. Ce sel est beaucoup moins soluble dans l'alcool que les autres, aussi la formation des cristaux est-elle instantanée.

Il a donné à l'analyse

	Trouvé pour 100.		Calculé.
SO^{3}.......	23	SO^{3}.......	23,80

Enfin, pour ne conserver aucun doute sur la composition de ce corps, j'ai produit la combinaison éthylée.

L'éthyl-phtalidine $C^{20}H^{13}N$ est liquide à la température ordinaire, d'une odeur analogue à celle de la phtalidine, mais plus pénétrante, et passe à la distillation sans presque s'altérer. Le chlorhydrate est soluble dans l'eau et cristallise par le refroidissement en paillettes d'un éclat argenté.

Il a donné à l'analyse

Trouvé pour 100.		Calculé.	
C......	65,3	C......	65,21
H......	7,8	H.....	7,6
N......	7,79	N.....	7,6

L'iodhydrate, soluble également dans l'eau et cristallisant comme le chlorhydrate, perd un peu d'iode à 110 degrés, température à laquelle il avait été desséché, et jaunit légèrement.

Le résultat de ces analyses ne paraît pas laisser de doute sur la composition de cet alcaloïde, et par conséquent sur celle du composé nitré dont il dérive.

Acide nitrophtalinique $C^{32}H^{14}N^{2}O^{10} = 2C^{16}H^{7}NO^{5}$. — Il s'obtient dans la première partie de l'opération par une réaction secondaire de la potasse sur la phtaline nitrée. Il est alors souillé par un produit étranger dont il est difficile de le séparer. Aussi vaut-il mieux le préparer en chauffant 1 partie de phtaline nitrée avec 2 de potasse caustique et 1 de chaux. Il est essentiel de ne pas élever la température au-dessus de 100 degrés, sans quoi il s'altère, et les acides n'en précipitent plus qu'un corps brun-rouge incristallisable. La formation de ce corps est très-lente, et l'on ne transforme jamais toute la matière employée. Le sel de potasse obtenu est traité par l'eau, filtré et décomposé par l'acide chlorhydrique. L'acide se précipite sous forme de flocons jaunes qu'on lave et qu'on dissout après dessiccation dans un mélange d'une partie d'eau et de deux d'alcool à 36 degrés. Il cristallise, par le refroidissement d'une solution concentrée, sous forme de petites aiguilles d'un jaune d'or, groupées en étoiles. Il est inodore, d'une saveur d'abord nulle, puis piquante; chauffé dans un tube, il fuse en répandant une odeur de cyanhydrate d'ammoniaque et laissant un résidu considérable de charbon. Il est peu soluble dans l'eau qu'il colore; il se dissout mieux

dans l'alcool. Il a donné à l'analyse

Trouvé pour 100.		Calcul.	
C......	61,3	C......	61,2
H......	4,45	H......	4,45
N......	9,0	N......	8,9

Ce résultat s'accorderait avec la formule

$$C^{32}H^{14}N^{2}O^{10} = 2\,C^{16}H^{7}NO^{5}$$

dans le cas d'un acide bibasique.

Le sel de potasse s'obtient en saturant une solution alcoolique de potasse; l'évaporation spontanée abandonne de petits cristaux mamelonnés d'un jaune rougeâtre. Il est très-soluble dans l'eau; sa dissolution jouit d'un pouvoir colorant très-intense.

Le sel d'ammoniaque donne avec le nitrate d'argent un précipité d'un beau rouge;

Avec l'acétate neutre de plomb, des flocons jaune-orangé, qui séchés font explosion par la chaleur ou lorsqu'on y projette quelques gouttes d'acide sulfurique concentré.

Il précipite également la chaux et la baryte en jaune et les sels de cuivre en jaune verdâtre.

Je me propose du reste de revenir prochainement sur la composition de cet acide et d'en déterminer l'équivalent.

NOTE SUR UN NOUVEAU MODE DE PRODUCTION DU PROPYLÈNE;

PAR M. LUCIEN DUSART.

Si l'on distille un mélange d'acétate et d'oxalate alcalins de manière à mettre l'acétone formée en contact, à l'état naissant, avec l'oxyde de carbone produit de la décomposition de l'oxalate, il y a désoxydation de l'acétone, formation de carbonate, et il passe un gaz absorbable par le brome, qui n'est autre que le propylène.

La réaction peut se représenter par l'équation suivante :

$$C^6 H^6 O^2 + 2 CO = 2 CO^2 + C^6 H^6.$$

Cependant on est loin d'obtenir la quantité de propylène indiquée par la théorie. La décomposition des deux sels n'est point simultanée, et il se produit toujours la matière huileuse qu'on observe dans la préparation de l'acétone.

Le procédé suivi est celui-ci : on prend des quantités équivalentes d'acétate de chaux et d'oxalate de potasse. On dissout l'oxalate dans l'eau, et l'on y ajoute de l'acétate de chaux. Il se produit ainsi de l'oxalate de chaux et de l'acétate de potasse. On évapore en remuant continuellement la masse de manière à avoir un mélange intime. La matière, desséchée autant que possible, est introduite dans une cornue que l'on chauffe à un feu modéré. La quantité de propylène paraît augmenter, si l'on a soin de graduer lentement la température. Le gaz passe d'abord dans un flacon rempli de coton cardé, puis dans un flacon contenant de l'acide sulfurique qui absorbe la matière huileuse, enfin est condensé dans le brome après avoir été lavé dans l'eau. 1 kilogramme d'acétate de chaux donne environ 60 grammes d propylène brute.

Le liquide obtenu est lavé avec de la potasse, distillé directement, puis agité de nouveau avec une solution alcaline qui sature l'acide bromhydrique formé pendant la distillation. On sèche sur le chlorure de calcium et distille au thermomètre.

Le bromure de propylène forme les deux tiers environ du produit. Il a l'odeur suave et le point d'ébullition 145 degrés du propylène obtenu par l'alcool amylique.

Soumis à l'analyse, il a donné :

Trouvé.		Calcul $C^6 H^6 Br^2$.	
C......	17,19	C......	17,7
H......	2,85	H......	2,9

Le composé C^6H^5Br, obtenu par l'action de la potasse alcoolique sur le produit précédent, chauffé dans un tube avec du sulfocyanure de potassium, a donné l'essence de moutarde reproduite récemment par M. Berthelot avec le propylène iodé dérivé de la glycérine. Il est ainsi possible, par une simple désoxydation de l'acétone, de remonter de la série acétique à la série propylique; de régénérer l'alcool propylique, si, au lieu de recueillir l'hydrocarbure dans le brome, on le fait absorber par l'acide sulfurique et distillant avec de l'eau, d'après l'ingénieux procédé de ce chimiste.

De la substitution du sulfate de magnésie naturel à l'acide sulfurique dans la fabrication de l'acide chlorhydrique, du sulfate de soude, de l'acide azotique et du chlore;

PAR M. RAMON DE LUNA.

L'acide sulfurique est sans contredit l'une des substances les plus importantes que l'on connaisse. Sans lui, en effet, plusieurs industries n'existeraient pas, et l'on peut dire que la quantité d'acide sulfurique qu'on y consomme indique assez exactement l'état industriel d'un pays. De là, les efforts incessants tentés pour en perfectionner les procédés de fabrication.

Mais s'ils ont pu amener les résultats pratiques à répondre complétement aux indications théoriques, en ce qui concerne la quantité du produit, par rapport à celle du soufre, ou plus exactement de l'acide sulfureux mis en jeu, de telle sorte qu'on ne peut guère apporter à ce genre de fabrication de notables perfectionnements qu'en remplaçant par de moins dispendieux les appareils qu'il exige, par d'autres moins coûteuses les matières premières; peut-être ne s'est-on pas assez occupé de substituer à l'acide sulfu-

rique libre dans les opérations qui s'y pouvaient prêter certaines de ses combinaisons.

C'est vers ce but, objet dans ces dernières années de très-incessantes recherches de MM. Pelouze et Fremy, qu'ont été dirigées les expériences dont l'Académie voudra bien, je l'en prie, me permettre de lui exposer en peu de mots les principaux résultats.

Je me suis proposé tout à la fois d'économiser les frais de transport de l'acide sulfurique et de trouver un emploi industriel au sulfate de magnésie qu'on rencontre en abondance dans plusieurs localités de l'Espagne, spécialement dans la province de Tolède, près de Madrid, en suivant la direction du chemin de fer de la Méditerranée.

Fabrication de l'acide chlorhydrique et du sulfate de soude.

Que l'on chauffe au rouge un mélange intime de 2 parties de sulfate de magnésie cristallisée (ou bien de 1 $\frac{3}{4}$ partie de sulfate de magnésie légèrement desséchée) et de 1 partie de chlorure de sodium. De l'acide chlorhydrique se dégagera, et le résidu se composera essentiellement de sulfate de soude et de magnésie.

Traité par l'eau à + 90 degrés, ce résidu lui abandonnera, à l'exclusion de la magnésie, le sulfate de soude et quelque peu de sulfate de magnésie échappé à la décomposition, dont l'addition aux liqueurs d'un lait de chaux déterminera l'élimination en le transformant en sulfate de chaux à peu près insoluble et en magnésie.

J'ai préparé par ce procédé plus de 12000 kilogrammes de sulfate de soude beaucoup plus pur que celui du commerce.

Des échantillons de ce sulfate, et celui de magnésie purifié par la méthode ordinaire, du minéral que j'ai eu l'honneur d'indiquer à l'Académie, figurent au nombre des

produits envoyés pour l'Espagne à l'Exposition universelle de Paris.

Fabrication de l'acide azotique.

Un mélange de 2 parties de sulfate de magnésie cristallisé (ou 1 $\frac{3}{4}$ légèrement desséché) et d'une partie d'azotate de potasse ou de soude, chauffé au rouge, fournit de l'acide azotique accompagné d'abondantes vapeurs nitreuses, du sulfate de potasse ou de soude et de la magnésie.

De 200 grammes de nitrate de soude calciné, avec 400 grammes de sulfate de magnésie cristallisé, j'ai retiré 90 grammes d'acide azotique marquant 40 degrés à l'aréomètre de Baumé. Distillé, cet acide m'a fourni un acide incolore de 46 degrés et parfaitement pur.

Chlore.

On le peut obtenir en chauffant fortement un mélange de chlorure de sodium, de bioxyde de manganèse et de sulfate de magnésie, ainsi qu'au reste on le pouvait prévoir, du moment où ce sel et le chlorure de sodium, chauffés seuls, produisaient de l'acide chlorhydrique.

Ces réactions, on le voit, sont en définitive la conséquence de peu d'affinité qu'a la magnésie pour les acides chlorhydrique et azotique comparativement à ses analogues, les bases alcalines et terreuses. C'est parce que la base du sulfate de chaux, dans les conditions précitées, tend au contraire à produire un chlorure persistant, même sous l'influence de l'eau, ou bien un azotate qui n'abandonne son acide qu'à une température capable d'en amener sa propre décomposition, que le sulfate de chaux, bien que plus généralement répandu que le sulfate de magnésie, ne saurait être employé en son lieu et place.

MÉMOIRES SUR LA CHIMIE PUBLIÉS A L'ÉTRANGER.

EXTRAITS PAR M. ADOLPHE WURTZ.

Sur les produits de la décomposition de la Nitrobenzine et de la Nitrotoluine par le sulfite d'ammoniaque; par M. Hilkenkamp (1).

En faisant réagir le sulfite d'ammoniaque sur la nitronaphtaline, M. Piria a obtenu, comme on sait, deux acides isomériques, l'acide thionaphtamique et l'acide naphtionique. Dans l'espoir d'obtenir des composés analogues avec les dérivés nitrés des hydrogènes carbonés $C^n H^{n-6}$, M. Hilkenkamp a examiné, au laboratoire de M. Will, l'action du sulfate d'ammoniaque sur la nitrobenzine et la nitrotoluine. Ces nouveaux composés se forment en effet dans les circonstances suivantes : 80 grammes de nitrobenzine renfermant probablement de la dinitrobenzine et 340 grammes de sulfite d'ammoniaque solide sont introduits avec 1 litre d'alcool absolu dans un grand ballon. Après avoir ajouté à ce mélange quelques fragments de carbonate d'ammoniaque, on le fait bouillir pendant huit à dix heures, en ayant soin de condenser et de faire refluer les vapeurs. Quand la réduction est terminée, ce qu'on reconnaît à ce qu'une portion de la liqueur ne se trouble plus par l'eau, on laisse refroidir. Au bout de vingt-quatre ou de quarante-huit heures, tout le sulfite d'ammoniaque s'est séparé de la liqueur. On filtre et on évapore jusqu'à consistance sirupeuse en ayant soin d'ajouter du carbonate d'ammoniaque pour maintenir la liqueur alcaline. Au bout de quelque temps il s'en sépare deux espèces de cristaux, des paillettes fines et molles et des aiguilles dures.

Lorsqu'on recueille ces cristaux sur un filtre et qu'on les

(1) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, nouvelle série, t. XIX, p. 86.

presse entre deux feuilles de papier, les paillettes disparaissent avec l'eau mère et on ne recueille que les aiguilles. Pour les purifier, on les lave avec un mélange d'alcool et d'éther. On obtient ainsi une poudre cristalline parfaitement blanche qui renferme $C^{12} H^{14} Az^{4} S^{4} O^{12}$. C'est le sel ammoniacal de l'acide thiobenzique : sa composition rationnelle peut s'exprimer par la formule

$$C^{12} \begin{matrix} H^{6} \\ (Az H^{4})^{2} \end{matrix} Az^{2} S^{4} O^{12}.$$

Il se forme sans doute par l'action du sulfite d'ammoniaque sur la dinitrobenzine, en vertu de la réaction suivante :

$$\underbrace{C^{12} H^{4} Az^{2} O^{8}}_{\text{Dinitrobenzine.}} + \underbrace{12(H^{4} Az O, SO^{2})}_{\text{Sulfite d'ammoniaque.}} = \underbrace{C^{12} H^{14} Az^{4} S^{4} O^{12}}_{\text{Dithiobenzate d'ammoniaque.}}$$

$$+ \underbrace{8(H^{4} Az O, SO^{3})}_{\text{Sulfate d'ammoniaque.}} + 2 H^{3} Az.$$

Il est probable que les paillettes qui se sont formées en même temps que les cristaux dont il s'agit et qui n'ont pas pu être recueillies étaient formées par l'action du sulfite d'ammoniaque sur la nitrobenzine elle-même, et qu'elles renfermaient $C^{12} H^{10} Az^{2} S^{2} O^{6}$.

Quoi qu'il en soit, le dithiobenzate d'ammoniaque est un sel tellement soluble dans l'eau et dans l'alcool aqueux, qu'il est impossible de le faire cristalliser de ces véhicules. Il se dissout difficilement dans l'alcool absolu, et il est insoluble dans l'éther. Chauffé sur une lame de platine, il se charbonne en se boursouflant et en dégageant de l'acide sulfureux. Sa solution aqueuse possède une faible réaction acide. Elle réduit au bout de quelque temps le nitrate d'argent et transforme par l'ébullition le sublimé corrosif en calomel.

Pour obtenir le dithiobenzate de baryte $C^{12} \begin{matrix} H^{6} \\ Ba^{2} \end{matrix} Az^{2} S^{4} O^{12}$,

on introduit la solution du sel ammoniacal dans de l'eau de baryte bouillante, et on entretient l'ébullition tant qu'il se dégage de l'ammoniaque. Après avoir enlevé l'excès de baryte par l'acide carbonique, on évapore la solution et on obtient le sel de baryte sous forme de croûtes cristallines. Après la dessiccation dans le vide, ces cristaux sont blancs avec une légère teinte rose.

Soixante grammes de nitrotoluine $C^{14} H^7 Az O^4$ ont été mélangés avec 400 grammes d'une solution saturée de sulfite d'ammoniaque. Après avoir ajouté 1 litre d'alcool absolu et un peu de carbonate d'ammoniaque solide, on a fait bouillir le tout pendant quelques heures. En achevant l'opération comme on l'a indiqué précédemment, on a obtenu des paillettes fines qu'on a pu séparer de l'eau mère. Pour cela on a agité le tout avec de l'éther : l'eau mère très-dense s'est séparée rapidement, et les paillettes sont restées quelque temps en suspension. On a décanté, et après avoir séparé rapidement, on a chauffé les cristaux à 50 ou 60 degrés, et on les a desséchés dans le vide. Ces cristaux sont le sel ammoniacal de l'acide thiotoluique $C^{14}H^9AzS^2O^6$; leur composition est exprimée par la formule

$$C^{14} \begin{matrix} H^8 \\ Az H^4 \end{matrix} Az S^2 O^6.$$

Ils constituent des paillettes fines et soyeuses, inaltérables à l'air sec, mais qui se décomposent peu à peu à l'air humide en se colorant en rouge. Ils sont insolubles dans l'éther, mais se dissolvent dans l'eau et dans l'alcool. La solution alcoolique saturée à chaud laisse déposer des cristaux par le refroidissement. Le nitrate d'argent est réduit par la solution de thiotoluate d'ammoniaque. Le sesquichlorure de fer la colore en pourpre, et lorsqu'on chauffe, il se dépose un précipité noir.

En décomposant le thiotoluate d'ammoniaque par l'ébullition avec du carbonate de potasse, on obtient du thioto-

luate de potasse qu'on sépare de l'excès de carbonate par l'alcool absolu. La solution alcoolique donne par le refroidissement de petits mamelons qui renferment

$$C^{16} \begin{matrix} H^{8} \\ K \end{matrix} Az\, S^{2}\, O^{6}.$$

Ce sel est beaucoup moins altérable à l'air que le thiotoluate d'ammoniaque et moins soluble dans l'eau et dans l'alcool.

On obtient de la même manière le thiotoluate de soude qui forme à l'état de pureté de petits mamelons, et après la dessiccation une poudre blanche cristalline.

Le thiotoluate de baryte forme des croûtes blanches cristallines qui ressemblent beaucoup au dithiobenzate de baryte.

Sur la préparation du Strontium et du Magnésium; par M. Matthiessen (1).

Dans mon Mémoire sur la préparation du calcium, j'ai confirmé les observations de M. Bunsen relatives à l'influence qu'exerce la densité du courant sur l'électrolyse. En poursuivant mes expériences au laboratoire de Heidelberg, j'ai trouvé que les mêmes conditions étaient nécessaires pour la préparation du strontium. La meilleure méthode pour obtenir ce métal est la suivante :

Un petit creuset, dans lequel on place un petit vase poreux, est rempli de chlorure de strontium mélangé avec un peu de sel ammoniac, de telle manière que le niveau du chlorure fondu soit plus élevé dans la cellule que dans le creuset. Le pôle négatif, placé dans le vase poreux, est un fil de fer très-fin, enroulé autour d'un fil plus gros, qu'on engage dans un tuyau de pipe, de manière que le fil conducteur ne dépasse que de $\frac{1}{16}$ de pouce l'extrémité infé-

---

(1) *Quarterly Journal of the Chemical Society*, tome VIII, page 107.

rieure de ce tuyau. Le pôle positif est un cylindre de fer placé dans le creuset lui-même et entourant la cellule. Il est facile de régler la chaleur pendant l'opération, de telle manière qu'il se forme une croûte à la surface du chlorure fondu dans le vase poreux. Le métal se rassemble au-dessous de cette croûte.

Le strontium ressemble au calcium par sa couleur, qui est néanmoins un peu plus foncée. La densité du métal obtenu avec du chlorure pur a été, dans deux expériences, de 2,5041 et 2,5796; on déduit de là, pour la densité moyenne, le chiffre 2,5418. Son volume atomique est de 216, c'est-à-dire qu'il est $1\frac{1}{2}$ plus élevé que celui du calcium, qui est de 158. La densité de ce dernier métal est de 1,5778 en moyenne. Dans la série électrochimique, le strontium se trouve placé entre le calcium et le magnésium :

$$\overset{+}{K}, Na, Li, Ca, Sr, \overset{-}{Mg}, \text{etc.}$$

Il brûle comme le calcium, et se comporte comme ce métal lorsqu'on le chauffe dans le chlore, l'oxygène, le brome, l'iode, et lorsqu'on le projette dans le soufre bouillant, ou qu'on le traite par l'eau et les acides.

Voici une méthode qui peut servir à préparer le magnésium, sans qu'il soit nécessaire d'employer le chlorure de magnésium anhydre, dont la préparation est si difficile. On peut employer un mélange de 3 équivalents de chlorure de potassium et de 4 équivalents de chlorure de magnésium. Après avoir mélangé les solutions dans ces proportions et y avoir ajouté une certaine quantité de sel ammoniac, on évapore à siccité et on fond le mélange. On peut l'électrolyser par le procédé de M. Bunsen, sans qu'il soit nécessaire de faire des entailles au charbon, comme il le décrit; en effet, le magnésium étant plus dense que le mélange fondu, tombe au fond et est garanti de cette manière du contact de l'air.

Sur la préparation du Lithium. (Lettre de M. Bunsen à M. Liebig.) [1]

M. Matthiessen est occupé à mon laboratoire à préparer les métaux des terres alcalines. La préparation du lithium est plus facile que celles des autres métaux appartenant au même groupe, et peut être très-facilement exécutée dans un cours public.

Voici la méthode qu'il faut employer :

Du chlorure de lithium pur est fondu dans un petit creuset de porcelaine, placé sur une lampe de Berzelius, et est décomposé par le courant d'une pile de 4 à 6 éléments : le pôle positif est formé par une petite baguette de coke (charbon de cornues à gaz), et le pôle négatif est un fil de fer de l'épaisseur d'une aiguille à tricoter. Au bout de quelques secondes, il se forme au-dessous de la surface du chlorure fondu un petit globule de lithium qui s'attache au fil de fer, et qui, au bout de deux ou trois minutes, atteint la grosseur d'un petit pois. Pour l'obtenir, on soulève le fil de fer avec le globule qui y est attaché, au moyen d'une petite cuiller en fer. On retire ensuite le fil du métal encore fondu, qui est garanti du contact de l'air par une couche de chlorure de lithium. Après avoir laissé refroidir la cuiller sous l'huile de naphte, on enlève le métal avec un canif. En répétant ces opérations de trois en trois minutes, on parvient à réduire 1 once de chlorure de lithium en très-peu de temps.

Sur une surface récemment coupée, ce métal possède la couleur de l'argent, mais il se ternit rapidement au contact de l'air. Son point de fusion est situé à 180 degrés centigrades. Lorsqu'on en presse un petit fragment entre deux lames de verre à cette température, il s'étend et montre l'éclat de l'argent poli. Le lithium est plus dur que le potassium ou le sodium, mais plus mou que le plomb, et peut être tiré en fils comme ce dernier métal; mais ces fils cassent

---

(1) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, tome XCIV, page 10.

beaucoup plus facilement que des fils de plomb de même épaisseur. En le comprimant fortement, on peut l'étendre à la température ordinaire. C'est le plus léger de tous les corps solides connus; il flotte à la surface de l'huile de naphte : sa densité a été trouvée en moyenne de 0,5936. Son poids atomique étant de 81,7, son volume atomique est de 13,7, presque le même que celui du calcium.

Le lithium est beaucoup moins oxydable que le potassium et le sodium. Tous ces métaux laissent une trace visible sur le papier : le potassium y fait une raie d'un blanc grisâtre, qui disparaît d'abord; le sodium, qui donne une raie d'un bleu grisâtre, disparaît ensuite, et en dernier le lithium, qui laisse une trace d'un gris de plomb. Le lithium s'enflamme à une température de beaucoup supérieure à son point de fusion, et brûle tranquillement avec une flamme blanche. Lorsqu'on le chauffe dans le chlore, l'oxygène, l'iode ou l'acide carbonique sec, ou qu'on le projette sur du soufre fondu, il brûle en répandant une vive lumière. Jeté sur l'eau, il s'oxyde, mais ne fond pas comme le sodium. L'acide nitrique fumant ou ordinaire agit sur lui d'une manière si violente, qu'il fond et s'enflamme souvent. L'acide sulfurique concentré l'attaque lentement; mais l'acide sulfurique étendu et l'acide chlorhydrique le dissolvent rapidement. La silice, le verre et la porcelaine sont attaqués par le lithium à une température qui n'atteint pas 160 degrés.

Nouveau procédé pour retirer la Lithine de la Triphylline; par M. H. Müller.

Communiqué par l'auteur.

Voici un procédé qui peut servir avantageusement à retirer la lithine de la triphylline que l'on rencontre quelquefois dans le granit de Zwiesel, en Bavière. Ce minéral

est réduit en fragments de la grosseur d'un pois et dissous dans l'acide chlorhydrique concentré. On verse de l'acide nitrique dans cette solution pour faire passer le fer à l'état de peroxyde, puis on y ajoute une certaine quantité de sesquichlorure de fer, et on évapore le tout à siccité. La masse, parfaitement sèche, est pulvérisée et épuisée par l'eau bouillante, qui dissout les chlorures de manganèse et de lithium, avec une trace de fer, et laisse du phosphate de fer. Pour séparer le manganèse, on ajoute à la liqueur une solution de sulfure de barium, on filtre, et on sépare l'excès de baryte par l'acide sulfurique.

Pour purifier le sel de lithine qui reste en dissolution, on peut l'évaporer à siccité, et chauffer le sel sec avec une quantité suffisante d'acide oxalique cristallisé. Il se forme de l'oxalate de lithine, qui se transforme en carbonate par la calcination. On peut aussi faire bouillir la solution de sel de lithine avec de l'acide nitrique, jusqu'à ce que l'acide chlorhydrique soit chassé, évaporer à siccité, et calciner le nitrate de lithine avec de la tournure de cuivre. Il reste de la lithine caustique, qu'on extrait par l'eau bouillante et qu'on sature par l'acide carbonique. La solution, soumise à l'ébullition pendant quelque temps, renferme du carbonate de lithine pur.

Note sur un nouveau procédé pour la purification et la désagrégation du graphite; par M. B.-C. Brodie (1).

Communiqué par l'auteur.

L'objet de cette Note est la description d'une nouvelle méthode pour obtenir le graphite dans un état de pureté parfaite et de division extrême. Voici en quoi elle consiste :

---

(1) Cette Note était destinée au Jury international de l'Exposition universelle, où figurent les produits de M. Brodie. Les faits qui y sont décrits nous ont paru tellement intéressants et inattendus au point de vue théorique, que nous n'avons pas hésité à les communiquer aux lecteurs des *Annales*.

(A. W.)

Le graphite, réduit en poudre grossière, est mélangé avec environ $\frac{1}{14}$ de son poids de chlorate de potasse. Le mélange est introduit dans un vase en fer et uniformément délayé dans de l'acide sulfurique concentré, dont on prend un poids double de celui du graphite. On peut employer à cet effet l'acide sulfurique coloré et d'une densité de 1,8, tel qu'il sort des chambres de plomb. Le mélange est ensuite chauffé sur un bain-marie jusqu'à ce que les vapeurs de gaz chloreux cessent de se dégager. Après le refroidissement, on le jette dans l'eau et on le lave convenablement.

Le graphite, lavé et desséché, est chauffé ensuite au rouge. Pendant cette opération, il augmente considérablement de volume et se réduit en une poudre d'une division extrême. Pour le purifier complétement, on le soumet à la lévigation. Le produit qu'on obtient ainsi peut être envisagé comme chimiquement pur.

Le procédé qu'on vient de décrire est particulièrement applicable au graphite de Ceylan, qui possède une structure lamelleuse. Lorsque le graphite renferme des matières siliceuses et qu'on veut l'appliquer à la fabrication des crayons, il faut le purifier en ajoutant une petite quantité de fluorure de sodium au mélange d'acide sulfurique, de graphite et de chlorate de potasse. La silice se dégage, dans ce cas, à l'état de fluorure.

Je ne veux pas m'étendre dans cette Note sur les questions scientifiques que soulève cette découverte. Qu'il me suffise d'ajouter, en termes généraux, que le graphite est oxydé dans cette circonstance, et qu'il se forme une combinaison d'acide sulfurique avec la matière qu'on peut envisager comme un oxyde de graphite. J'ai réussi à isoler cette matière et à l'obtenir privée d'acide sulfurique, par d'autres moyens. C'est elle qui se décompose pendant la calcination du graphite préalablement traité par l'acide sulfurique et le chlorate de potasse ; on comprend facilement que le gaz qui se dégage dans cette circonstance puisse réduire en une

poudre extrêmement ténue les particules denses et fortement agrégées du graphite. D'autres agents oxydants, tels que l'acide nitrique et le bichromate de potasse, peuvent être employés à la place du chlorate de potasse. Mais l'acide sulfurique pur ne produit aucun effet.

Le graphite ainsi purifié se trouve dans un état très-convenable à une foule d'applications industrielles, telles que la préparation d'une peinture indélébile, le lissage de la poudre à canon, la fabrication des crayons et des creusets, etc.

Sur un nouvel acide cyanique, l'acide Fulminurique; par M. Liebig (1).

A l'occasion de quelques recherches sur le fulminate de mercure, j'ai observé que, lorsqu'on fait bouillir longtemps ce sel avec de l'eau, il change de couleur et perd sa propriété fulminante. On obtient ainsi une poudre d'un vert brun, qui, chauffée dans un tube de verre, se décompose avec un brusque dégagement de gaz et en laissant un résidu jaune, exempt de mercure, se transformant finalement en cyanogène et en azote.

En examinant la transformation que subit le fulminate de mercure dans ces circonstances, j'ai découvert un nouvel acide, l'acide fulminurique, isomérique avec l'acide cyanurique sec; les relations de ce nouvel acide avec l'acide fulminique sont très-simples : on les exprime en admettant que 3 équivalents d'acide fulminique donnent naissance à 1 équivalent d'acide fulminurique, de même que 3 équivalents d'acide cyanique forment 1 équivalent d'acide cyanurique. Tandis que ce dernier acide est polybasique, l'acide fulminurique est monobasique.

(1) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, nouvelle série, t. XIX, p. 282.

gents et possédant la double réfraction. Ces cristaux sont anhydres, peu solubles dans l'eau froide, très-solubles dans l'eau bouillante, insolubles dans l'alcool et dans l'éther. Lorsqu'on les chauffe, ils fondent, noircissent, dégagent de l'acide prussique, de l'ammoniaque et plus tard de l'acide cyanique, qui forme de l'urée avec l'ammoniaque. Le fulminurate d'ammoniaque renferme $C^6 H^6 Az^4 O^6$.

Fulminurate de potasse. — On prépare ce sel comme le sel ammoniacal, en employant du chlorure de potassium à la place du chlorhydrate d'ammoniaque. Il cristallise en longs prismes brillants et fortement réfringents, anhydres, insolubles dans l'eau bouillante et encore moins solubles dans l'eau froide que le sel ammoniacal. Chauffé dans un tube, le fulminurate de potasse brûle avec un faible dégagement de lumière et de gaz, comme le ferait un mélange d'une matière organique avec un peu de salpêtre. Il se dégage, dans cette circonstance, de l'acide prussique, du carbonate d'ammoniaque et un mélange de 2 volumes d'acide carbonique avec 1 volume d'azote. Il reste un résidu formé de cyanure de potassium et de chlorure de potassium. Ce sel renferme 1 équivalent d'acide et 1 équivalent de potasse.

Fulminurate de baryte. — Lorsqu'on ajoute une solution de chlorure de barium à une solution saturée à chaud de fulminurate de potasse ou d'ammoniaque, il se forme, au bout de quelques minutes, une bouillie de petites aiguilles courtes et soyeuses du sel de baryte. Ces cristaux se dissolvent complétement dans l'eau bouillante et se déposent, par le refroidissement, sous forme de prismes rhomboïdaux durs et transparents. De 150 à 180 degrés, ils perdent de l'eau en devenant opaques. A une plus haute température, ils se décomposent comme le sel de baryte. Ils renferment $C^6 H^2 Ba Az^3 O^6 + 2HO$.

Fulminurate d'argent. — Une solution chaude de fulminurate de potasse ou d'ammoniaque, mélangée avec du nitrate d'argent, laisse déposer par le refroidissement de

longues aiguilles soyeuses de fulminurate d'argent. Ces cristaux, peu solubles dans l'eau froide, se dissolvent assez facilement dans l'eau bouillante. Ils conservent leur éclat à 100 degrés, et ne perdent rien de leur poids. Chauffés, ils se décomposent comme le cyanate d'argent. Ils renferment $C^6H^2AgAz^3O^6$.

Les fulminurates de chaux, de magnésie et de lithine se dissolvent dans l'eau et dans l'alcool. Les sels de plomb neutres ne sont pas précipités par les fulminurates alcalins. Avec l'acétate de plomb basique on obtient un précipité blanc cristallin, qui se dissout dans l'eau bouillante et forme par le refroidissement des cristaux jaunes et durs. Ces cristaux renferment 64 pour 100 d'oxyde de plomb, ce qui correspond à la formule

$$C^6H^2PbAz^3O^6 + PbO.$$

Le sel de plomb, décomposé par l'hydrogène sulfuré, fournit l'acide fulminurique lui-même.

Cet acide se dissout dans une très-petite quantité d'eau, pour former un sirop dont la saveur est très-acide, et qui peut être évaporé sans décomposition. Lorsqu'on l'abandonne dans un endroit chaud, il laisse déposer l'acide fulminurique sous la forme d'une masse solide jaunâtre, à peine cristallisée et se dissolvant dans l'alcool bouillant. Cette solution alcoolique ne cristallise pas.

L'acide fulminurique se décompose avec une faible explosion, lorsqu'on le chauffe; soumis à l'ébullition avec les acides minéraux, il donne naissance à un sel ammoniacal et à une substance brune qui n'a pas été étudiée. L'acide fulminurique séché à 100 degrés renferme $C^6H^3Az^3O^6$.

Il est à remarquer qu'aucun des sels qui ont été décrits, à l'exception du sel ammoniacal, ne donne, par la calcination avec de la chaux sodée, une quantité d'ammoniaque correspondant à l'azote qu'ils renferment. Il se dégage,

dans cette circonstance, une certaine quantité de gaz azote pur.

Sur la Constitution des combinaisons du Mellon; par M. J. Liebig (1).

Je me suis occupé, dans ces dernières années, de la préparation des combinaisons du mellon, et j'ai étudié leurs produits de décomposition; je crois être parvenu à élucider la formation et les réactions du mellonure de potassium. Dans le but de vérifier la formule que j'ai donnée de cette combinaison, j'ai commencé par étudier la décomposition que subit le mellonure de potassium sous l'influence des alcalis. Lorsqu'on ajoute une solution chaude et étendue de mellonure de potassium à de l'acide chlorhydrique étendu et bouillant, les deux liqueurs se mêlent sans donner lieu à aucun trouble. Une petite portion de la liqueur étant immédiatement neutralisée par l'ammoniaque, il se forme un précipité blanc; mais, lorsqu'on fait bouillir le liquide environ une heure, il ne se trouble plus par l'addition de l'ammoniaque et fournit ensuite, par l'évaporation et le refroidissement, une cristallisation d'acide cyanurique pur et finalement du sel ammoniac et du chlorure de potassium. Aucun produit volatil ne se forme dans cette décomposition du mellonure de potassium.

Lorsqu'on traite le mellonure de potassium avec la potasse bouillante, il se dégage de l'ammoniaque, et à un certain degré de concentration, il se dépose des cristaux d'acide cyamélurique. A ce moment de l'opération, la liqueur alcaline, mélangée avec une solution de sel ammoniac, donne un abondant précipité blanc d'ammélide. Lorsqu'on la soumet à l'ébullition pendant quelque temps, le sel ammoniac n'y forme plus de précipité; mais elle donne un

---

(1) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, nouvelle série, t. XIX, p. 357.

précipité blanc d'acide mélanurique (1), lorsqu'on la neutralise par l'acide acétique. L'ébullition étant prolongée, l'acide mélanurique disparait à son tour, et l'on obtient, en neutralisant par l'acide acétique, une cristallisation de cyanurate acide de potasse.

L'acide formique n'existe pas parmi les produits de décomposition du mellonure de potassium. Cette circonstance indique que la formule que j'ai donnée autrefois pour le mellonure de potassium (C^6Az^4K) est inexacte. De nouvelles analyses ont démontré, en effet, que ce sel renferme, pour 1 équivalent de potassium, 6 équivalents de carbone et 4 équivalents $\frac{1}{3}$ d'azote, ou, pour 3 équivalents de potassium, 18 équivalents de carbone et 13 équivalents d'azote.

Acide hydromellonique. — Le sublimé corrosif forme, dans la solution de mellonure de potassium, un précipité blanc de mellonure de mercure qui, convenablement lavé, se dissout à froid dans l'acide prussique étendu. L'hydrogène sulfuré précipite tout le mercure de cette dissolution. En chauffant doucement la liqueur filtrée, on élimine tout l'acide prussique et l'on a une solution d'acide hydromellonique. Cette solution est fortement acide et peut être mélangée avec de l'alcool sans se troubler, elle déplace l'acide carbonique des carbonates et régénère, lorsqu'on la neutralise avec de la potasse, le mellonure de potassium inaltéré.

Lorsqu'on essaye d'évaporer cette solution, à chaud ou à froid, dans le vide ou à l'air libre, elle se décompose en

---

(1) L'acide mélanurique, découvert par MM. Liebig et Wöhler, est un produit de décomposition de l'urée par la chaleur. Il renferme d'après eux $C^6 H^4 Az^4 O^4$. M. Gerhardt attribue cette formule à l'ammélide elle-même, et pense que ces deux corps sont identiques. M. Liebig maintient leur différence et représente la composition de l'ammélide par la formule

$$C^3 H^9 Az^9 O^6.$$

partie; il s'en sépare des croûtes ou des flocons blancs, et l'on obtient un résidu légèrement cristallin qui ne se dissout que partiellement dans l'eau. L'acide hydromellonique n'est pas entièrement décomposé dans cette circonstance : ce qui le prouve, c'est que la partie soluble dans l'eau donne de nouveau du mellonure de potassium, lorsqu'on y ajoute de la potasse et de l'alcool.

Une solution de mellonure de calcium n'est que partiellement décomposée par l'acide oxalique. Lorsqu'on évapore la liqueur filtrée, on obtient des cristaux formés par une combinaison acide d'acide hydromellonique avec la chaux.

Mellonure de potassium. — J'ai préparé ce sel à l'aide des procédés suivants :

1°. On fond 7 parties de sulfocyanure de potassium dans une grande capsule de porcelaine, et, lorsque la substance est en fusion tranquille, on y ajoute peu à peu 3 parties de chlorure d'antimoine récemment fondu. Dès que les deux matières se touchent, il se fait une vive effervescence et il se dégage des vapeurs de sulfure de carbone, qui s'enflamment ordinairement. On obtient ainsi une masse d'un rouge brun, que l'on broie et que l'on chauffe dans un creuset en fer, en remuant constamment, jusqu'à ce que le sulfure d'antimoine formé se soit liquéfié et rassemblé au fond du creuset. La masse est ensuite dissoute dans l'eau bouillante, la solution est filtrée et traitée par l'hydrate d'oxyde de plomb, tant que celui-ci se colore en noir. Quand tout le sulfure de potassium qu'elle renferme est ainsi enlevé, on filtre de nouveau et on laisse refroidir. La liqueur se prend ordinairement en une bouillie cristalline de mellonure de potassium parfaitement blanc. On la recueille sur un filtre et on l'exprime, enveloppée dans du papier, entre deux briques. La masse sèche est dissoute de nouveau dans l'eau bouillante, et la solution est traitée comme on vient de l'indiquer. Pour faire la troisième cristallisation, on ajoute à la solution de l'alcool, jusqu'à ce

qu'il se forme un trouble, et on laisse refroidir. Les cristaux qui se déposent sont recueillis et lavés à l'alcool jusqu'à ce que l'eau de lavage ne se colore plus en rouge par le chlorure de fer. Ils ne renferment plus alors de sulfocyanure de potassium.

2°. Au lieu de chlorure d'antimoine, on peut employer avec le même avantage du chlorure de bismuth, que l'on prépare en traitant le bismuth du commerce par le chlore gazeux. Le chlorure distillé est purifié par une seconde distillation. Avant de s'en servir, on le fond, on le laisse solidifier et on le pulvérise encore chaud. On introduit cette poudre dans le sulfocyanure fondu, en employant 1 partie de chlorure de bismuth sur 2 parties de sulfocyanure.

3°. On peut préparer le mellonure de potassium en introduisant peu à peu 4 parties de mélam dans 8 parties de sulfocyanure de potassium fondu. Dans cette opération, il faut éviter une trop forte élévation de température. Lorsque les bulles qui s'échappent de la masse fondue brûlent avec une flamme bleue, c'est du sulfure de carbone qui se forme et qui s'enflamme. S'il apparaissait des flammes rouges, ce serait l'indice de la formation du cyanogène, et il faudrait, dans ce cas, modérer la température.

Le mélam nécessaire à cette opération peut être préparé de la manière suivante : un mélange de parties égales de sel ammoniac et de sulfocyanure de potassium est chauffé dans une capsule de porcelaine, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de vapeurs de sulfocarbonate d'ammoniaque. La masse obtenue est épuisée par l'eau froide, le résidu est séché et faiblement calciné avant d'être employé.

4°. On peut préparer le mellonure de potassium en fondant du prussiate de potasse avec du soufre; il faut éviter d'ajouter du carbonate de potasse dont le moindre excès détruirait le mellonure de potassium formé.

Le mellonure de potassium pur forme des aiguilles soyeuses très-fines qu'il est impossible de distinguer du sulfate

de quinine par leur aspect extérieur. 100 parties d'eau en dissolvent 2,67 parties à la température ordinaire. Il est beaucoup plus soluble dans l'eau bouillante et insoluble dans l'alcool. Le mellonure de potassium cristallise difficilement, même lorsque la solution est saturée à chaud; l'addition d'une petite quantité d'alcool favorise la cristallisation. La solubilité de ce sel dans l'eau froide est diminuée par la présence de sels étrangers. Une solution saturée à chaud, qui refuse de cristalliser par le refroidissement, laisse déposer instantanément des cristaux, lorsqu'on y ajoute quelques gouttes d'une solution de sulfocyanure de potassium.

La solution de mellonure de potassium dans l'eau possède une saveur aussi amère que celle du sulfate de quinine. Son action sur l'économie animale n'est pas bien marquée, même à la dose de 4 grammes. 100 parties de ce sel renferment en moyenne 18,06 parties d'eau de cristallisation. Le sel séché à 200 degrés demeure sans altération jusqu'au rouge. Il fond à cette température, et à une température plus élevée il se décompose en cyanogène, azote et cyanure de potassium. 100 parties du sel sec renferment en moyenne 28,72 parties de potassium, 44,38 parties d'azote et 26,12 parties de carbone; $1^{gr},6046$ de mellonure de potassium sec, brûlés dans un courant d'oxygène, n'ont donné que $0^{gr},0105$ d'eau, c'est-à-dire 0,06 pour 100.

Il résulte de ces expériences que ce sel ne renferme pas d'hydrogène et que sa composition doit être représentée par la formule

$$C^{18}\,Az^{13}\,K^{3}$$

qui exige :

	Théorie.	Expérience.
Carbone......	26,49	26,12
Azote..........	44,66	44,38
Potassium.......	28,84	28,72
	100,00	99,22

L'acide hydromellonique forme avec le potassium deux autres sels. L'un d'eux est un précipité blanc qu'on obtient en ajoutant une solution moyennement concentrée de mellonure de potassium dans de l'acide chlorhydrique étendu et chaud. Ce précipité, insoluble dans l'eau froide, se dissout fort peu dans l'eau bouillante; il se dissout dans une solution d'acétate de potasse. Il renferme $C^{18}Az^{13}H^{2}K$.

	Théorie	Expérience.
C^{18}	32,60	31,97
Az^{13}	54,45	»
H^{2}	0,60	0,76
K	11,83	11,93
	100,00	

La troisième combinaison de l'acide hydromellonique avec le potassium est soluble dans l'eau froide. On l'obtient en mélangeant une solution saturée à chaud du sel neutre avec un volume égal d'acide concentré. Il se dépose de ce mélange en lamelles rhomboïdales brillantes, qui s'effleurissent à chaud. Lorsqu'on le fait bouillir avec de l'eau, il est décomposé en sel neutre et en sel insoluble. Il renferme $C^{18}Az^{13}HK^{2} + 6HO$.

	Théorie.	Expérience.
C^{18}	29,23	28,75
Az^{13}	»	»
H	0,27	0,43
K^{2}	21,22	21,13

Mellonure d'argent. — Le précipité blanc qui se forme lorsqu'on ajoute une solution bouillante de mellonure de potassium à du nitrate d'argent, est anhydre. Séché à 180 degrés, il n'a donné à l'analyse que 0,003 pour 100 à 0,004 pour 100 d'eau. Calciné, le mellonure d'argent laisse, comme le cyanure d'argent, une combinaison d'argent avec le paracyanogène qui ne perd pas tout son azote sous forme d'ammoniaque, lorsqu'on la chauffe avec de la chaux sodée. Il

est donc nécessaire d'en doser l'azote par combustion avec l'oxyde de cuivre (méthode qualitative) pour obtenir des résultats exacts : le mellonure d'argent renferme $C^{18}Az^{13}Ag^{3}$.

	Théorie.	Moyenne d'un grand nombre d'analyses.
C^{18}............	17,59	17,48
Az^{13}...........	29,64	29,54
Ag^{3}...........	52,77	52,48
	100,00	99,30

Si l'on compare la composition de l'acide hydromellonique avec celle des corps qui, fondus avec du sulfocyanure de potassium, peuvent donner du mellonure de potassium, on observe les relations suivantes :

		Renferme les éléments de :
Le mélam	$C^{12}Az^{11}H^{9}$	$3\,AzH^{3} + C^{12}Az^{8}$
La mélamine......	$C^{12}Az^{12}H^{12}$	$4\,AzH^{3} + C^{12}Az^{8}$
L'ammélide.......	$C^{12}Az^{9}H^{9}O^{6}$	$6\,HO + AzH^{3} + C^{12}Az^{8}$
L'amméline.......	$C^{6}Az^{5}H^{5}O^{2}$	$2\,HO + AzH^{3} + C^{6}Az^{4}$
La chlorocyanamide.	$C^{6}Az^{5}H^{4}Cl$	$ClH + AzH^{3} + C^{6}Az^{4}$
L'acide mélanurique.	$C^{6}Az^{4}H^{4}O^{4}$	$4\,HO + C^{6}Az^{4}$
L'hydrothiomellon..	$C^{6}Az^{4}H^{4}S^{4}$	$4\,SH + C^{6}Az^{4}$

La formation des combinaisons melloniques à l'aide des produits précédents s'explique facilement, si l'on se rappelle que l'acide hydromellonique renferme les éléments de l'ammoniaque et de la tricyanamide ($AzH^{3} + 3Cy^{3}Az$). Il est plus difficile d'expliquer la formation du mellonure de potassium par fusion du prussiate de potasse avec du soufre. Il faut admettre que, dans ce cas, le mellon se forme par la décomposition du sulfocyanure de fer, d'après la réaction suivante :

10 atomes de sulfocyanure de fer...	$C^{20}Az^{10}S^{20}Fe^{10}$
3 at. de sulfocyanure de potassium..	$C^{6}Az^{3}S^{6}\quad K^{3}$
	$C^{26}Az^{13}S^{26}Fe^{10}K^{3}$

donnent :

Mellonure de potassium...	$C^{18}Az^{13}\quad K^3$
Sulfure de carbone.......	$C^9\quad S^{16}$
Sulfure de fer...........	$S^{10}Fe^{10}$
	$C^{26}Az^{13}S^{26}Fe^{10}K^3$

D'après mes expériences, le cyamélurate de potasse $C^{18}Az^7O^6K^3$, préparé d'après le procédé de M. Henneberg, ne renferme pas d'hydrogène, et l'acide cyamélurique $C^{18}Az^7O^6H^3$ ne contient que de l'hydrogène basique. D'après cela, on peut interpréter de la manière suivante la décomposition du mellonure de potassium par la potasse caustique :

2 at. de mellonure de potassium.	$C^{36}Az^{26}K^6$
18 at. d'eau................	$H^{18}O^{18}$
	$C^{36}Az^{26}K^6H^{18}O^{18}$

égalent :

Cyamélurate de potasse	$C^{24}Az^{14}O^{12}\quad K^6$
Ammélide..................	$C^{12}Az^9O^6H^9$
Ammoniaque................	$Az^3\quad H^9$
	$C^{36}Az^{26}O^{18}H^{18}K^6$

En perdant de l'ammoniaque et en fixant de l'eau, l'ammélide se transforme en aide mélanurique

$$\underbrace{C^{12}Az^9H^9O^6}_{\text{Ammélide.}} + H^2O^2 = \underbrace{C^{12}Az^8H^8O^8}_{\text{Acide mélanurique.}} + AzH^3.$$

L'acide mélanurique se dédouble finalement en ammoniaque et en acide cyanurique

$$\underbrace{C^{12}Az^8H^8O^8}_{\text{Ac. mélanurique.}} + H^4O^4 = \underbrace{C^{12}Az^6H^6O^{12}}_{\text{Ac. cyanurique.}} + 2\,AzH^3.$$

Note sur la décomposition des Sels de Platine des alcalis organiques; par M. Th. Anderson.

Extrait des *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, tome III.

On sait, depuis quelques années, que les sels de platine des alcalis organiques sont décomposés lorsqu'on les fait bouillir avec un excès de bichlorure de platine. La narcotine donne, dans ces circonstances, des produits d'oxydation identiques avec ceux que l'on obtient en traitant cette base par le peroxyde de manganèse ou l'acide nitrique. Les faits indiqués dans cette Note sont relatifs à la décomposition que subissent les sels de platine purs lorsqu'on les fait bouillir avec de l'eau : les réactions que l'on observe dans ce cas dépendent de la stabilité de la base, et sont d'autant plus nettes que celle-ci est moins décomposable. Jusqu'ici j'ai principalement dirigé mon attention sur la pyridine et la picoline, qui sont si remarquables par leur stabilité.

Lorsque le sel de platine de la pyridine, débarrassé avec soin de l'excès du bichlorure de platine, est dissous dans l'eau chaude, et que cette dissolution est soumise à l'ébullition pendant quelques jours, il se dépose dans le sein du liquide une poudre cristalline d'un jaune de soufre. Au bout de cinq ou six jours, tout le sel de platine est transformé en cette substance; mais si la poudre est séparée par le filtre avant que la décomposition soit complète, l'eau mère laisse déposer par le refroidissement des lamelles d'un jaune d'or ressemblant à l'iodure de plomb.

Cette poudre jaune est insoluble dans l'eau et dans les acides, et est décomposée par la potasse avec dégagement de pyridine. Sa composition est représentée par la formule

$$C^{10} H^3 Pt Az + 2 HCl \ (1).$$

(1) 1 équivalent de platine dans la platinopyridine remplaçant 2 équivalents d'hydrogène dans la pyridine, on pourrait représenter la composition

C'est donc un bichlorhydrate de platinopyridine dont la formation est représentée par l'équation

$$\underbrace{C^{10}H^5Az, HCl, PtCl^2}_{\text{Chlorhydrate double de pyridine et de platine.}} = \underbrace{C^{10}H^3PtAz, 2HCl}_{\text{Bichlorhydrate de platino-pyridine.}} + HCl.$$

La platinopyridine ne peut pas être séparée du bichlorhydrate par les alcalis; mais lorsqu'on fait bouillir ce bichlorhydrate avec des sels d'argent, il se forme du chlorure d'argent, et l'on obtient des sels de platinopyridine. Il est très-difficile d'obtenir ces sels dans un état approprié à l'analyse; un seul, le chromate, peut être obtenu sous la forme d'un précipité rouge-orangé, en ajoutant du bichromate de potasse à une solution de sulfate de platinopyridine. Il renferme $C^{10}H^3PtAz, HO, CrO^3$.

Les paillettes jaune d'or que l'on obtient en arrêtant l'ébullition du sel de platine de la pyridine avant que la transformation en platinopyridine soit complète, possèdent une constitution très-singulière qui est exprimée par la formule

$$C^{10}H^5AzHCl, PtCl^2 + C^{10}H^3PtN, 2HCl.$$

On peut les envisager comme une combinaison de chlorure double de platine et de pyridine avec du bichlorhydrate de platinopyridine.

Lorsque le chlorhydrate double de platine et de pyridine est soumis à l'ébullition avec un excès de pyridine, le liquide se colore beaucoup, et si l'on évapore à siccité, et qu'on reprenne par l'eau, on obtient une solution foncée et un résidu cristallin très-peu soluble dans l'eau. Si l'on reprend ce résidu par l'alcool bouillant, on obtient une solution qui laisse déposer, par le refroidissement, de petites aiguilles. Ces cristaux représentent un chlorhydrate de platosopyridine $C^{10}H^4PtAz, HCl$, correspondant au chlorhydrate de platosamine.

de la base platinée par la formule $C^{10}H^3pt^2Az$, dans laquelle $pt^2 = Pt$.
(A. W.)

Le chlorhydrate double de picoline et de platine se décompose très-lentement; mais, après huit ou dix jours d'ébullition, il se forme un bichlorhydrate de platinopicoline. La formation de ce sel est accélérée par l'addition d'une petite quantité de picoline à la solution. Il est insoluble dans l'eau, et forme un composé double avec le chlorhydrate de picoline et de platine. Ce sel complexe, qui cristallise en grains, est moins soluble dans l'eau que le composé correspondant de pyridine, et renferme

$$C^{12}H^7Az, HCl, PtCl^2 + C^{12}H^5PtAz, 2HCl.$$

Le chlorhydrate double de platine et d'éthylopyridine se décompose aussi très-lentement par l'ébullition; mais lorsqu'on ajoute de l'ammoniaque, la solution se décolore au bout de quelques minutes d'ébullition, et donne alors un précipité blanc par l'addition de carbonate d'ammoniaque: c'est le sesquihydrochlorocarbonate de diplatinamine (carbonate de Raëwsky) qui se dépose ainsi. D'après cela, l'action de l'ammoniaque sur le chlorhydrate double de platine et d'éthylopyridine est représentée par l'équation :

$$\begin{aligned} &C^{14}H^9Az, HCl, PtCl^2 + 3AzH^3 \\ &= Az^2H^4Pt, HCl + C^{14}H^9Az, HCl + AzH^4Cl. \end{aligned}$$

Le sel Az^2H^4Pt, HCl a été séparé du liquide et examiné : il paraît être identique à la substance obtenue par M. Gerhardt par l'action de l'ammoniaque sur le chlorure double de platine et d'ammonium.

Le sel de platine de l'éthylamine est à peine décomposé par l'ébullition avec de l'eau; mais, en présence d'un excès de base, il se produit une substance particulière en cristaux jaunes ou pourpres: elle paraît être le chlorhydrate de platoséthylamine.

Je me bornerai à une seule observation relativement aux conséquences théoriques qui semblent découler de ces faits.

J'ai montré récemment que la pyridine et la picoline peuvent être envisagées comme des bases nitriles; car elles se transforment en bases ammoniées en fixant un seul équivalent d'un radical alcoolique. Il en résulte que ces alcaloïdes ne renferment plus d'hydrogène capable d'être remplacé. La production des sels de platine qui viennent d'être décrits semble cependant prouver le contraire; et l'on est ainsi conduit à penser, ou bien que la formation d'une base fixe (ammoniée) par l'addition d'un équivalent de radical à un alcoolide volatil ne prouve pas que cet alcoolide est une base nitrile, ou bien qu'il faut modifier les idées actuellement reçues sur la constitution des bases platinées (1).

Sur un procédé nouveau et avantageux pour la préparation de l'Aluminium; par M. H. Rose (2).

Depuis quelque temps il arrive dans le commerce, sous le nom de *soude minérale,* de grandes quantités de cryolithe ou fluorure double d'aluminium et de sodium. Cette substance, que les Danois tirent du Groënland, est expédiée de Copenhague en Prusse où elle sert à la fabrication du savon.

En effet, lorsqu'on la fait bouillir avec un lait de chaux, après l'avoir pulvérisée, elle est complétement décomposée. Il se forme du fluorure de calcium, de la soude caustique

---

(1) Il nous semble que les faits indiqués par M. Anderson peuvent s'accorder avec les idées reçues sur la constitution des alcaloïdes et des bases platinées, si l'on veut admettre que le platine peut remplacer non-seulement l'hydrogène de la molécule ammoniacale, mais encore l'hydrogène des radicaux eux-mêmes. Cette supposition n'a rien d'anormal si l'on se rappelle qu'une partie de l'hydrogène du radical phényle $C^{12}H^{5}$ peut être remplacé par du chlore, du brome ou de la vapeur nitreuse (AzO^{4}).

(A. W.)

(2) *Annales de Poggendorff,* tome XCVI, page 152.

et de l'alumine qui reste en dissolution. Cette lessive alumineuse est appliquée avantageusement à la fabrication du savon.

En raison de sa composition, la cryolithe est très-propre à la préparation de l'aluminium. Fixe, anhydre, n'attirant pas l'humidité de l'air et pouvant se réduire en poudre fine, elle présente des avantages que n'offre pas le chlorure d'aluminium ou le chlorure double d'aluminium et de sodium. Pour réduire cette combinaison par le sodium, on opère de la manière suivante : la cryolithe finement pulvérisée est introduite par couches, avec des plaques de sodium, dans un petit creuset de fer, haut de 46 millimètres et large de 4 centimètres à sa partie supérieure. Après avoir fortement tassé le mélange, on le recouvre avec du chlorure de potassium et on ferme le creuset avec un bon couvercle en porcelaine. En raison de sa faible densité, le chlorure de potassium est le meilleur fondant qu'on puisse employer. On en prend un poids égal à celui de la cryolithe et on emploie 2 parties de sodium sur 5 parties de cryolithe. Le creuset est chauffé pendant une demi-heure au moyen d'une flamme de gaz alimentée par un fort courant d'air. Après le refroidissement, la masse est détachée à l'aide d'un ciseau et de coups de marteau qu'on applique à l'extérieur du creuset.

Le fluorure de sodium est peu soluble dans l'eau; l'addition de chlorure de potassium en augmente la solubilité. Après avoir fait digérer la masse pendant douze heures avec de l'eau dans des vases en platine ou en argent (1), on l'écrase dans un mortier. On y trouve des globules d'aluminium pesant de $0^{gr},3$ à $0^{gr},4$ et des globules plus petits. Après avoir séparé les premiers, on traite le tout à froid par l'a-

(1) Les vases en porcelaine seraient fortement attaqués par la solution de fluorure de calcium.

cide nitrique étendu. Cet acide ne dissout pas l'alumine formée pendant l'opération par l'oxydation de l'aluminium réduit; mais il donne aux petits globules leur éclat métallique et permet ainsi de les distinguer. Après avoir séché le mélange, on en sépare l'alumine et la cryolithe en le triturant sur un tamis en mousseline de soie. La poudre fine passe et les petits globules d'aluminium restent sur le tissu. Le meilleur procédé pour réunir ces petits globules consiste à les fondre, comme le conseille M. Deville, dans un creuset de porcelaine sous une couche de chlorure double d'aluminium et de sodium. Le sel est d'abord fondu et les globules y sont introduits successivement. Lorsqu'on emploie comme fondant le chlorure de potassium, on perd une certaine quantité d'aluminium, et la surface du métal n'est jamais bien lisse.

La proportion d'aluminium que l'on a obtenue à l'aide de ce procédé, a été très-variable dans diverses expériences. En employant 10 grammes de cryolithe, quantité qui aurait dû donner $1^{gr},3$ de métal, on en a obtenu au maximum $0^{gr},8$; quelquefois de $0^{gr},4$ à $0^{gr},6$, souvent $0^{gr},3$ et moins encore. Ces différences dans le rendement tiennent à la température à laquelle la masse est exposée, à la proportion de sodium employé et à la durée du refroidissement. Quand le liquide fondu se refroidit lentement, une portion du métal s'oxyde en se transformant en alumine.

Le procédé que je viens de décrire n'a été l'objet que d'un petit nombre d'expériences. Il pourra sans doute être perfectionné et je le regarde comme très-avantageux en raison du prix peu élevé de la cryolithe et de la facilité avec laquelle le sodium peut être obtenu aujourd'hui, grâce aux belles recherches de M. Deville.

Les globules d'aluminium que j'ai obtenus étaient généralement très-ductiles, et l'on pouvait sans peine les réduire en lames très-minces et ne présentant pas de fentes au

bord. Ces lames possèdent un grand éclat métallique. Au contraire, les globules qui se trouvent quelquefois au fond du creuset, ou les masses qui surnagent et qui n'ont pas la forme globulaire, se fendillent au laminage et se distinguent par leur couleur et par leur éclat des globules de métal pur. Cet aluminium cassant est évidemment impur et renferme probablement du fer.

Comme M. Deville, j'ai souvent trouvé l'aluminium cristallin. Un globule volumineux avait pris, en se refroidissant, une texture rayonnée à la surface. M. Deville croit avoir observé des octaèdres réguliers, sans pouvoir l'affirmer néanmoins. D'après les recherches de mon frère, ces cristaux ne paraissent pas appartenir au système régulier.

Ayant essayé une fois de fondre une masse aplatie d'aluminium accidentellement impur, j'ai vu des globules de métal fondu sortir de la masse avant que celle-ci fût entrée en fusion. C'était de l'aluminium pur qui se séparait du métal impur et moins fusible par l'effet d'une espèce de départ analogue à celui que M. Schneider a observé avec le bismuth impur.

Sur les Stibamyles; par M. F. Berlé (1).

En faisant réagir de l'iodure d'amyle sur l'antimoniure de potassium, on peut obtenir des combinaisons analogues au stibéthyle découvert par MM. Lœwig et Schweitzer (2) et aux arsénéthyles de M. Landolt (3). Les radicaux amylantimoniques ainsi obtenus sont au nombre de deux : le stibtriamyle $(C^{10}H^{11})^3Sb$ et le stibdiamyle $(C^{10}H^{11})^2Sb$.

Stibtriamyle. — On obtient ce radical en faisant réagir dans de petits ballons de l'iodure d'amyle sur un mélange

---

(1) *Journal für prakt. Chemie*, tome LXV, page 385.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXXIV, p. 91.

(3) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XLI, p. 95.

d'antimoniure de potassium et de sable. En chauffant doucement, on détermine la réaction. Après avoir distillé l'excès d'iodure d'amyle, on laisse refroidir les ballons et on épuise le résidu par l'éther; les solutions éthérées sont introduites dans un grand ballon rempli d'acide carbonique, mélangées avec un peu d'eau et soumises à la distillation. Le stibtriamyle reste sous l'eau. C'est un liquide jaunâtre, transparent, un peu visqueux à la température ordinaire, mobile à une température plus élevée. Au contact de l'air, il répand des fumées blanches abondantes sans s'enflammer; il charbonne instantanément le papier. Il possède une odeur aromatique, une saveur amère un peu métallique et très-persistante. Insoluble dans l'eau et peu soluble dans l'alcool, il se dissout facilement dans l'éther. A 17 degrés sa densité est de 1,1333.

Chauffé avec de l'iodure d'amyle, dans un tube fermé, il ne se combine pas à cet éther. La combinaison amylique correspondante à l'iodure de stibéthylium ne se forme donc pas dans cette circonstance.

Lorsqu'on laisse évaporer lentement à l'air une solution éthérée de stibtriamyle, il se forme une masse jaunâtre résineuse, qui représente l'oxyde de stibtriamyle $Sb(C^{10}H^{11})^{2}O^{2}$.

Le stibtriamyle est un radical bibasique qui se combine à 2 équivalents d'oxygène, de soufre, de chlore, etc.

On peut obtenir le chlorure de stibtriamyle $Sb(C^{10}H^{11})^{3}Cl^{2}$ en dissolvant l'oxyde dans l'acide chlorhydrique. Cette combinaison est liquide et visqueuse, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et dans l'éther.

L'iodure de stibtriamyle $Sb(C^{10}H^{11})^{3}I^{2}$ peut être obtenu en dissolvant l'oxyde dans l'acide iodhydrique, ou en saturant le radical par l'iode.

Le bromure de stibtriamyle $Sb(C^{10}H^{11})^{3}Br^{2}$ se prépare comme l'iodure.

Lorsqu'on traite le chlorure ou l'iodure de stibtriamyle par une solution alcoolique de nitrate d'argent et qu'on filtre, il se sépare une huile rouge du liquide alcoolique filtré. La solution décantée fournit, par l'évaporation, des cristaux blancs et soyeux, groupés en étoiles. Ces cristaux sont le nitrate d'oxyde de stibtriamyle. Pour les purifier, on les fait cristalliser de nouveau dans l'alcool. Ils sont insolubles dans l'eau et dans l'éther, et se dissolvent parfaitement dans l'alcool aqueux. Ils renferment $Sb(C^{10}H^{11})^3O^2, 2AzO^5$.

Le sulfate d'oxyde de stibtriamyle qu'on obtient par double décomposition, comme le nitrate, ne cristallise pas.

Le stibamyle, exposé à l'air, laisse déposer une poudre blanche, insoluble dans l'eau, l'alcool et l'éther. Cette substance paraît être une combinaison d'oxyde de stibtriamyle avec l'oxyde d'antimoine. Lorsqu'on la traite par l'hydrogène sulfuré, elle se colore en jaune orangé, et se transforme en sulfure double $Sb(C^{10}H^{11})^3S^2 + 2SbS^3$.

Stibdiamyle. — Ce radical se forme lorsqu'on distille à une température élevée le produit de la réaction de l'iodure d'amyle sur l'antimoniure de potassium, après avoir préalablement distillé l'excès de l'iodure d'amyle. Le produit de la distillation laisse échapper un gaz antimonié combustible, lorsqu'on le chauffe à 80 degrés. Le résidu est du stibdiamyle $Sb(C^{10}H^{11})^2$.

Le radical impur peut être transformé en oxyde pur de la manière suivante : on le sature par une solution alcoolique de brome, on précipite le bromure formé par l'eau, on le décompose par de l'oxyde d'argent délayé dans l'alcool, et on précipite de nouveau par l'eau la solution alcoolique filtrée. L'alcool amylique, qui est souvent mélangé au radical, reste en solution dans les liqueurs spiritueuses faibles qui résultent de cette double précipitation par l'eau.

Le stibdiamyle forme un liquide d'un vert jaunâtre, assez mobile, d'une odeur aromatique particulière et d'une sa-

veur amère. Il ne fume pas à l'air. Allumé, il brûle avec une flamme très-éclairante et en émettant des vapeurs blanches. Chauffé dans l'oxygène, il détone avec violence. Il est insoluble dans l'eau, et tombe au fond de ce liquide; on peut le mélanger en toutes proportions avec l'alcool et avec l'éther. L'acide nitrique concentré l'attaque énergiquement. Exposé à l'air, le stibdiamyle se transforme en oxyde, mais attire en même temps l'acide carbonique. Le carbonate ainsi formé constitue une masse visqueuse, soluble dans l'éther et dans l'alcool. Il renferme $Sb(C^{10}H^{11})^2O, CO^2$.

Sur la formation artificielle de la Leucine; par M. H. Limpricht (1).

La leucine est, comme on sait, l'homologue de la glycocolle et de l'alanine de M. Strecker. On peut l'obtenir à l'aide d'un procédé analogue à celui qui a servi à préparer cette dernière substance (2). Le valéral ou l'alcool valérique est saturé avec de l'ammoniaque, et cette combinaison est chauffée avec de l'acide prussique et de l'acide chlorhydrique jusqu'à ce que le liquide fondu et oléagineux ait disparu. Il se forme ainsi du sel ammoniac et de la leucine :

$$\underbrace{C^{10}H^{10}O^2, AzH^3}_{\text{Valéral-ammoniaque.}} + C^2AzH + H^2O^2 = \underbrace{C^{12}H^{13}AzO^4}_{\text{Leucine.}} + AzH^3.$$

Après avoir séparé par voie de cristallisation la plus grande partie du sel ammoniac, on précipite l'acide chlorhydrique qui reste encore en solution par l'hydrate d'oxyde de plomb; on sépare le plomb par l'hydrogène sulfuré, et l'on évapore le liquide au bain-marie. Le résidu est repris

(1) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, tome XCIV, page 243.
(2) *Journal de Pharmacie*, 2e série, tome XVIII, p. 393.

par l'alcool faible et bouillant, et cette solution fournit, par le refroidissement, de petites paillettes renfermant

Carbone.	54,9
Hydrogène.	10,0

Ces nombres se confondent avec ceux que donne la leucine.

Le procédé qu'on vient de décrire peut être appliqué avec avantage à la préparation de cette substance.

Préparation facile de la liqueur des Hollandais ;
par M. H. Limpricht (1).

Le gaz oléfiant ou le gaz d'éclairage sont dirigés dans une cornue renfermant 2 parties de peroxyde de manganèse, 3 parties de sel marin, 4 parties d'eau et 5 parties d'acide sulfurique. Le tube qui amène le gaz ne doit plonger que de 2 centimètres au-dessous de la surface du mélange propre à donner le chlore. On chauffe doucement, et, vers la fin de l'opération, on élève la température pour distiller la liqueur des Hollandais formée.

(1) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, tome XCIV, page 245.

MÉMOIRES SUR LA PHYSIQUE PUBLIÉS A L'ÉTRANGER.

EXTRAITS PAR M. VERDET.

Sur la propagation de la Chaleur dans les Métaux;
par M. Wiedemann (1).

Nous avons inséré dans ces *Annales* un extrait des premières recherches de M. Wiedemann sur la propagation de la chaleur dans les métaux (*voyez* 3ᵉ série, t. XLI, p. 107). Dans un nouveau Mémoire, M. Wiedemann fait connaître les résultats qu'il a obtenus en appliquant au zinc la même méthode qu'aux autres métaux, et il y ajoute la description d'expériences intéressantes sur le passage de la chaleur d'un métal à un autre.

I. *Conductibilité du zinc.* — Le fil de zinc employé avait $4^{mm},4$ de diamètre. Sa superficie avait été soigneusement nettoyée, mais n'avait pas été argentée. Les expériences ont d'ailleurs été faites dans le vide. M. Wiedemann a trouvé pour le coefficient de conductibilité la valeur 19, le coefficient de l'argent étant supposé égal à 100. D'après les expériences de M. Edmond Becquerel, en prenant 100 pour la conductibilité électrique de l'argent, on trouverait 24 pour celle du zinc. La relation que M. Wiedemann avait signalée dans son premier Mémoire comme existant entre les conductibilités électriques et les conductibilités calorifiques n'est donc pas infirmée par les expériences relatives au zinc.

II. *Passage de la chaleur d'un métal à un autre.* —

---

(1) *Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie*, tome XCV, page 338, juillet 1855.

Fourier a signalé d'une manière générale la possibilité d'une différence finie de température entre deux surfaces de nature différente en contact l'une avec l'autre, et Poisson a montré que l'existence d'une telle différence indiquerait une résistance au passage de la chaleur d'un corps dans un autre. En 1838, M. Despretz a publié, dans les *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences* (t. VII, p. 833), des expériences tendant à prouver qu'il y a réellement une différence sensible de température entre les surfaces de deux métaux en contact. En étudiant la distribution des températures dans une barre de cuivre et une barre d'étain pressées l'une contre l'autre, et calculant la température de la surface de contact, d'abord d'après les observations relatives au cuivre, ensuite d'après les observations relatives à l'étain, il a obtenu deux résultats différant l'un de l'autre de 1°,47; en séparant par une feuille de papier les deux surfaces en contact, la différence s'est élevée jusqu'à 5°,5. M. Despretz a conclu de là qu'il existait réellement une différence finie de température entre les deux surfaces; il n'a d'ailleurs jamais publié les détails de ses expériences.

Plus récemment, M. Angström et M. Gore ont publié des expériences qui donnent des résultats du même genre que celles de M. Despretz, mais qui ne paraissent pas avoir été très-précises.

M. Wiedemann a repris la question par la méthode qui lui avait servi à étudier les conductibilités des divers métaux. Il a soudé ensemble des couples de tiges de nature différente et de même diamètre (5 millimètres), et il a déterminé, par les procédés décrits ailleurs, les températures de points séparés par des intervalles de 27 millimètres (1 pouce). Le tableau suivant contient les résultats des expériences : *x* y désigne la distance du point considéré au point de soudure, exprimée en pouces; cette distance est comptée positivement sur le métal le plus chaud, et négativement sur

le métal le plus froid. *t* est l'excès de la température d'un point des tiges sur la température ambiante, exprimé en degrés du galvanomètre.

	CUIVRE-ARGENTAN.	CUIVRE-FER.	ARGENT-FER.	CUIVRE-CUIVRE.	LAITON-ARGENT.
x	*t*	*t*	*t*	*t*	*t*
+ 4	130,75	155,0	154,5	146,00	"
+ 3	117,00	140,5	140,75	124,00	138,0
+ 2	108,5	129,0	131,5	110,7	102,0
+ 1	103,00	118,2	124,75	97,00	71,1
0				87,5	
— 1	52,75	71,5	78,25	77,5	39,5
— 2	31,75	52,5	55,6	67,00	35,0
— 3	19,75	37,5	40,5	59,5	31,0
— 4	11,75	27,5	28,8	49,2	27,0
— 5	8,25	20,0	20,00	"	23,8
— 6	"	15,0	15,1	"	"
— 7	"	11,5	10,75	"	"

Ces expériences conduisent au résultat suivant : Si l'on calcule, d'après les observations, la température des deux tiges au point de soudure, et qu'on représente par 100 celle de la tige la plus froide, on trouve pour celle de la barre la plus chaude :

La chaleur passant	de l'argent au fer.....	111°,5
»	du cuivre à l'argentan.	115,0
»	du cuivre au fer.... .	107,5
»	du cuivre au cuivre...	100,0
»	du laiton à l'argent....	99,0

Il y aurait donc une différence finie entre les températures des surfaces en contact, lorsque la chaleur passerait de la tige la plus conductrice à la moins conductrice ; dans le cas inverse (laiton et argent), aucune différence sensible n'existerait.

Ce résultat était trop surprenant pour être admis sans discussion, et en réfléchissant sur le procédé dont il avait fait usage, M. Wiedemann a reconnu qu'il comportait une

cause d'erreur par laquelle on expliquait aisément les observations précédentes. En effet, si l'on touche, avec un même élément thermo-électrique, deux points à la même température, pris sur deux barres de conductibilités différentes, les quantités de chaleur communiquées à l'élément ne doivent pas être les mêmes, et, par suite, les deux points touchés doivent paraître inégalement échauffés. Ainsi, dans les expériences précédentes, le saut brusque qui s'observe au point de soudure de deux métaux différents peut n'être pas dû à une variation brusque des températures, mais uniquement à la manière différente dont les deux métaux communiquent la chaleur à l'élément thermo-électrique. D'ailleurs cette cause d'erreur doit être sans influence lorsqu'on détermine la conductibilité relative de deux métaux différents; aux divers points d'un même métal, la communication de la chaleur à l'élément thermo-électrique se fait toujours de la même manière, et les indications du galvanomètre correspondantes aux divers points d'une même tige sont proportionnelles aux températures de ces divers points, ce qui est suffisant pour l'objet que l'on a en vue, c'est-à-dire pour la recherche de la loi du décroissement des températures. Les premières expériences de M. Wiedemann conservent donc toute leur valeur; mais pour résoudre la question du passage de la chaleur d'une barre dans une autre, il était nécessaire de modifier le procédé expérimental.

M. Wiedemann a fait usage de l'artifice qu'avait autrefois employé M. Despretz, et qui consiste, comme on sait, à introduire le corps thermométrique dans de petits trous pratiqués dans les barres métalliques qu'on étudie. A cet effet, il s'est procuré des tiges cylindriques de divers métaux, de 157 millimètres de longueur sur $13^{mm},2$ de diamètre, et, en outre, deux tiges de 666 millimètres de longueur sur $13^{mm},2$ de diamètre, l'une en fer, l'autre en cuivre, ainsi qu'une tige de bismuth de même diamètre et de 225 millimètres de longueur.

On appliquait fortement contre l'extrémité d'une de ces trois dernières barres l'extrémité d'une des barres plus courtes, en ayant soin que les deux surfaces ainsi mises en contact fussent parfaitement polies. A $2^{mm},1$ de la surface de contact était pratiqué, dans chaque barre, un trou de 8 millimètres de profondeur sur $0^{mm},9$ de diamètre ; des trous semblables, séparés par des intervalles de $21^{mm},4$, existaient dans toute l'étendue des barres. Ces divers trous étaient remplis d'huile, et lorsque l'équilibre de température était établi, on y introduisait l'élément thermo-électrique. Cet élément était lui-même réduit aux moindres dimensions possibles. Il se composait d'un fil de fer et d'un fil d'argentan de $0^{mm},3$ de diamètre, soudés ensemble à une extrémité ; l'autre extrémité de chaque fil était plongée dans un vase à température constante.

En opérant comme il vient d'être dit, M. Wiedemann a obtenu les résultats contenus dans le tableau suivant. x y désigne, non pas la distance, mais le numéro d'ordre d'un trou quelconque, et est affecté d'un signe + ou d'un signe —, suivant qu'il s'agit d'un trou pris sur la première ou sur la seconde barre ; t est l'excès des températures mesuré en divisions du galvanomètre.

x	CUIVRE-BISMUTH. t	ZINC-BISMUTH. t	CUIVRE-FER. t	CUIVRE-FER. t	ÉTAIN-FER. t	ÉTAIN-FER. t	FER-FER. t	FER-CUIVRE t
+ 4	268,7	274,7	246,5	255,5	184,5	196,6	193,0	185,0
+ 3	261,2	252,5	235,7	243,7	155,5	161,0	158,0	"
+ 2	256,0	236,7	226,0	234,0	130,0	133,6	132,0	111,3
+ 1	252,0	226,7	218,0	226,0	107,0	110,0	108,0	81,5
— 1	236,0	212,0	214,5	221,0	102,5	105,0	103,2	78,7
— 2	120,0	108,0	178,0	181,2	84,5	86,8	85,0	74,7
— 3	58,7	57,5	149,5	153,0	72,0	73,8	70,2	71,0
— 4	32,2	33,5	126,0	130,0	61,0	63,5	59,0	67,5
— 5	"	21,2	106,0	"	51,2	53,1	"	"

Si, au moyen de ces nombres, on calcule les températures y et y_1 des deux surfaces en contact, on obtient les nombres suivants :

		y	y_1	$y-y_1$
Cuivre-bismuth		252,0	252,0	0,0
Zinc-bismuth		226,0	226,0	0,0
Cuivre-fer	1re expérience	217,7	217,5	0,2
	2e expérience	225,5	225,0	0,5
Étain-fer	1re expérience	105,0	104,5	0,5
	2e expérience	108,0	107,1	0,9
Fer-fer		105,5	105,1	0,4
Fer-cuivre		79,2	79,2	0,0

Ainsi l'*expérience ne constate aucune différence finie de température entre deux surfaces métalliques en contact.*

Si le contact des deux surfaces différentes n'est pas très-intime, et à plus forte raison si elles sont séparées par une substance peu conductrice, comme une feuille mince de papier, une variation brusque de température devient sensible. On en jugera par les nombres suivants, que M. Wiedemann a obtenus dans de pareilles circonstances.

x	ZINC ET FER imparfaitement appliqués l'un contre l'autre. t	FER ET CUIVRE imparfaitement appliqués l'un contre l'autre. t	FER ET CUIVRE séparés par une feuille de papier. t	ZINC ET BISMUTH séparés par une feuille de papier. t
+ 4	174,5	155,5	262,0	267
+ 3	153,5	125,0	253,7	245
+ 2	133,7	97,0	246,0	230
+ 1	125,0	71,7	239,0	220
— 1	120,0	65,5	189,2	197
— 2	99,7	61,5	157,2	100
— 3	87,7	58,0	132,5	52
— 4	71,5	55,1	113,0	29
— 5	61,0	"	95,2	18

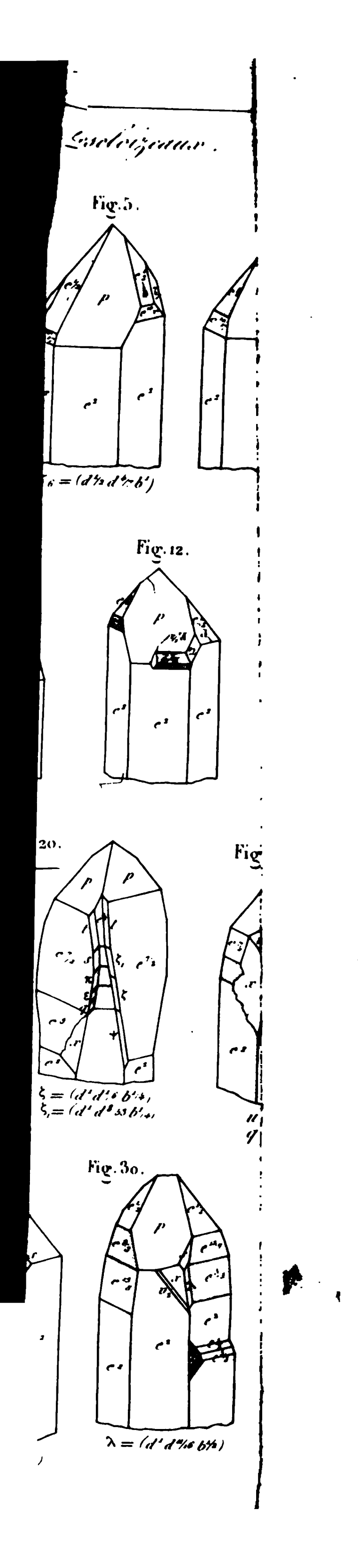
On déduit de là pour y et pour y_1 des valeurs fort différentes, savoir :

	y	y_1	$y-y_1$
Zinc et fer en contact imparfait...	123,5	122,2	1,3
Fer et cuivre en contact imparfait.	68,4	66,1	2,3
Cuivre et fer séparés par du papier.	238,5	192,5	4,6
Zinc et bismuth sép. par du papier.	219,0	211,0	8,0

Mais il est évident qu'il n'y a rien à conclure de ces nombres quant à la réalité d'une résistance au passage de la chaleur d'un métal à un autre.

Quantité de pluie en millimètres tombée pendant le mois : Cour, [illegible]

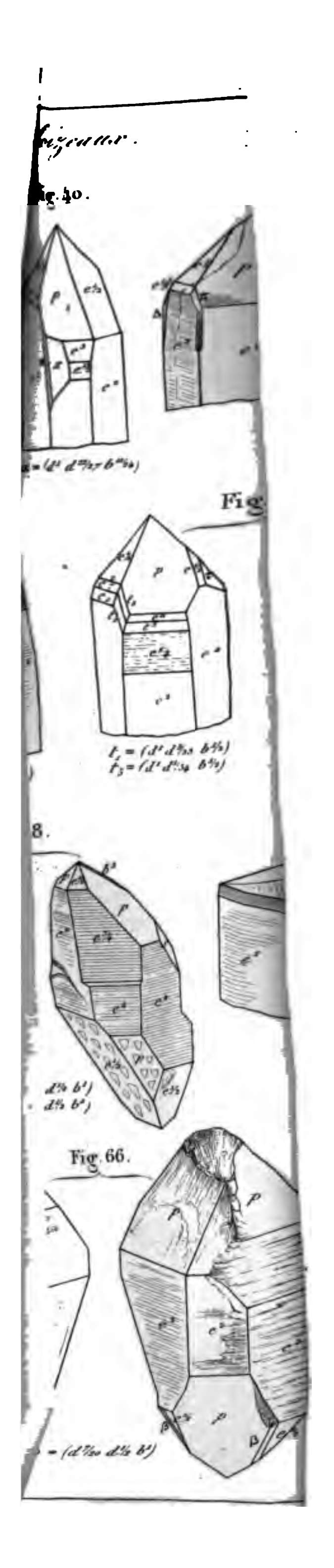
Nota. Les astérisques placés dans la colonne du thermomètre tournant indiquent que ce thermomètre, qui n'est, jusqu'à nouvel ordre, qu'un thermomètre d'essai, était mouillé pa[illegible]
la pluie.


Fig. 5.
Fig. 12.
Fig. 30.
$\lambda = (d^1 d^{8/16} b^{1/2})$

(1) Cette observation a été faite à 9 h 10 m.

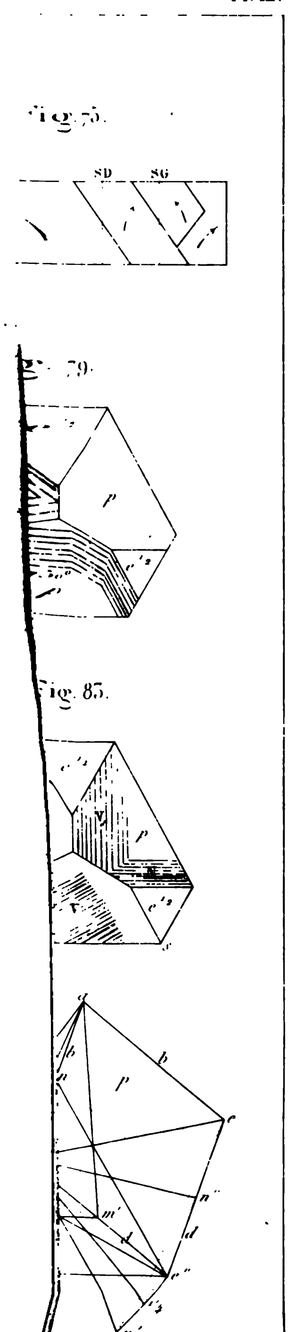
Quantité de pluie en millimètres tombée pendant le mois : Cour, $40^{mm},86$; terrasse, $37^{mm},34$.

Nota. Les astérisques placés dans la colonne du thermomètre tournant indiquent que ce thermomètre, qui n'est, jusqu'à nouvel ordre, qu'un thermomètre d'essai, était mou[illé par] la pluie.



Quantité de pluie en millimètres [illegible]

NOTA. Les astérisques placés dans la colonne du thermomètre tournant indiquent que ce thermomètre, qui n'est, jusqu'à nouvel ordre, qu'un thermomètre d'essai, était mouillé la pluie.



Pl. III.
SD
SG
p
ig. 83.
p
a
b
p
c
n''
m'
d
d
a'

colonne du thermomètre tournant indiquent que ce thermomètre, qui n'est, jusqu'à nouvel ordre, qu'u

ÉTUDES DE PHOTOMÉTRIE ÉLECTRIQUE;

PAR M. A. MASSON.

SIXIÈME MÉMOIRE (1).

De l'influence exercée par les pôles de l'étincelle électrique sur les raies brillantes du spectre.

171. Nous avons établi précédemment (**122**) que le nombre et la position des raies brillantes qu'on observe dans le spectre de la lumière électrique changent avec la nature des pôles; nous avons, en outre, constaté que pour chaque métal on obtient un spectre particulier, dont l'inspection seule suffit pour faire reconnaître la nature des substances entre lesquelles jaillit l'étincelle. Dans tous les spectres on retrouve invariablement quatre ou cinq raies, qui ne diffèrent quelquefois que par leur intensité.

Afin de connaître si l'oxydation des métaux et leur combustion devaient être prises en considération dans l'explication des phénomènes qui font l'objet de mes études, j'ai soumis à l'expérience des métaux inoxydables, or, argent, platine.

J'ai employé le prisme de 60 degrés, qui m'a déjà servi; et comme je travaillais souvent le soir, j'ai pris, pour fixer la déviation minimum du prisme, la raie jaune d'une bougie, dont l'indice différait très-peu de la raie D de Frauenhofer.

La déviation de cette raie était à très-peu près de 58°,08, ce qui donne pour indice de réfraction du prisme, relativement à cette raie, environ 1,7155.

Le spectre de l'argent est caractérisé par le vert très-

(1) Ce Mémoire est extrait d'un travail couronné et publié par la Société royale des Sciences de Harlem pendant l'année 1854.

intense et plusieurs lignes de cette couleur d'une grande beauté. L'or donne plus de jaune que l'argent et des lignes violettes très-remarquables. Le platine n'offre rien de particulier. Je présente ci-joint le tableau des spectres électriques comparés pour ces trois métaux.

Examen comparé des spectres électriques de l'or, de l'argent et du platine.

NUMÉROS des raies brillantes.		ARGENT.	OR.	PLATINE.	RAIES.
1	Limite du rouge..	57°,17	57°,19	57°,20	"
2	Rouge...........	57,22	57,22	57,20	Raie α
3	Rouge	57,25	57,25	57,26	"
4	Orangé..........	57,46 *f*	57,46 *f*	57,48 *f*	Raie β
5	Orangé jaune.....	58,06 F	58,08 F	58,07	"
6	Verte jaune.......	58,28 FF	58,26 F	58,30 F	Raie γ
7	Verte...........	58,51 FF	58,45 *n*	58,41 *n*	"
8	Verte...........	59,22 FF	59,25 *n*	59,25 *n*	"
9	Verte...........	59,50 FFF	59,51 FF	59,50 FF	Raie δ
10	Vert bleuâtre.....	60,23 F	60,25 *f*	60,23 *n*	"
11	Bleue...........	60,56	60,55 *n*	60,55 *n*	"
12	Indigo..........	61,40	61,40	61,48 *n*	"
13	Indigo..........	"	62,08 *f*	62,05 *n*	"
14	Indigo..........	62,37 *n*	62,40 *n*	"	"
15	Limite du spectre.	64,11	64,05	63,55	"

f signifie faible.; F forte; FF très-forte; FFF excessivement forte; *n* nébuleuse composée d'un grand nombre de raies très-fines inséparables par la lunette.

A l'inspection de ce tableau, dans lequel j'ai seulement indiqué les principales raies, on est frappé de la ressemblance qu'offrent les trois spectres, et on serait tenté d'attribuer un certain rôle à la combustion des pôles. Nous montrerons plus loin que l'ignition ne modifie en rien la constitution du spectre électrique.

DU SPECTRE DE L'ÉTINCELLE ÉLECTRIQUE PRODUITE PAR DIFFÉRENTES SOURCES.

De l'étincelle des appareils d'induction.

172. J'ai employé, pour produire des étincelles, les courants d'induction et les extra-courants d'un puissant appareil imaginé par M. Bréguet et par moi, ainsi que les courants d'induction provenant de ce même appareil, tel qu'il a été perfectionné et modifié par M. Ruhmkorff. Après avoir constaté la parfaite identité des effets produits par l'un et par l'autre de ces instruments, j'ai donné la préférence au dernier, qui fournit des étincelles plus longues, quoique moins intenses que celles du premier. L'appareil agit comme une véritable machine électrique, et donne naissance à un courant continu dont la lumière peut être assimilée à celle d'une pile possédant une grande tension. Avec 8 grands éléments de Bunsen, j'ai obtenu des étincelles de 15 à 20 millimètres de longueur. Dans les spectres de ces étincelles, on distinguait parfaitement à l'œil nu toutes les raies brillantes; tandis qu'en se servant de la lunette plusieurs s'affaiblissaient, d'autres disparaissaient, et même quelques parties des spectres restaient obscures.

173. Pour augmenter l'intensité de la lumière, j'ai disposé d'abord deux appareils, de manière à ajouter leurs courants et à augmenter la tension de l'étincelle qui pouvait être plus longue, mais ne gagnait pas assez en intensité lumineuse. J'ai alors réuni les pôles de même nom des deux bobines d'induction, pour accroître la quantité du courant sans modifier sa tension; l'étincelle a beaucoup gagné en lumière, et se présentait sous la forme d'une flamme entièrement analogue à la lumière des piles, les boules polaires s'échauffaient considérablement, et plusieurs ont donné des signes manifestes de vaporisation. J'ai remarqué dans les spectres des métaux très-volatils, comme le zinc et le

cadmium, un certain nombre de raies plus belles, plus vives que dans les spectres obtenus des mêmes métaux par l'étincelle électrique; mais quelques raies avaient disparu, d'autres étaient très-faibles.

Dans les tableaux suivants j'ai exprimé les résultats principaux de mes observations.

J'ai pris seulement les déviations des raies les plus brillantes et les plus visibles.

N'ayant pas, comme à l'ordinaire, rapporté la position newtonienne de mon prisme à la raie jaune de la bougie, parce que je n'avais pas l'intention de prendre des mesures précises, on ne devra pas être étonné des différences qui existent entre les valeurs numériques des déviations nouvelles et celles des anciennes.

Spectres par l'étincelle d'induction.

PLATINE.

1	Rouge limite....	57°,15	
2	Rouge orangé...	57,35	Très-faible, à peine marquée.
3	Orangé.........	58,00	
4	Jaune verdâtre..	58,20 γ	Très-forte. Il y en a deux voisines, on a observé la plus intense.
5	Verte..........	59,16	Assez belle.
6	Verte..........	59,42 δ	Très-forte.

ARGENT.

Ce spectre est remarquable par l'étendue du vert et l'intensité des raies de cette couleur.

1	Rouge limite...	57,13	
2	Orangé.........	57,38	Peu sensible.
3	Orangé.........	57,58	Très-forte.
4	Vert jaunâtre...	58,22 γ	Assez forte.
5	Verte..........	58,40	Très-forte.
6	Verte..........	59,12	Forte.
7	Vert bleuâtre...	59,40 δ	

OR.			
1	Rouge limite....	57°,15	
2	Orangé.........	"	Très-faible.
3	Orangé.........	58,00	Très-belle.
4	Vert jaunâtre...	58,20 γ	Très-forte.
5	Verte..........	58,40	Passablement intense.
6	Verte..........	59,40 δ	Très-forte.
7	Limite du bleu..	60,17	

Si l'on compare ces trois spectres, on retrouve les mêmes raies et les mêmes caractères de ressemblance que nous avons signalés en opérant avec la machine électrique. Le vert domine dans l'argent, et l'or donne plus de jaune que le platine et l'argent.

Beaucoup de raies manquent dans ces spectres, et d'autres sont trop faibles pour être visibles dans la lunette et mesurées exactement.

174. Les métaux volatils zinc et cadmium donnent naissance, avec les courants continus d'induction, à des spectres dans lesquels plusieurs raies sont plus vives que dans les mêmes spectres engendrés par l'étincelle des condensateurs. Le zinc m'a offert dans le rouge deux lignes d'une grande beauté et d'une teinte grenat ; je les ai retrouvées avec le cadmium. Ces bandes m'ont paru les mêmes que celles signalées par M. Wheatstone dans les spectres de ces métaux.

ZINC.			
1	Rouge limite....	57°,10	On aperçoit quelquefois une raie rouge au delà de cette limite.
2	Rouge grenat...	57,25	Très-belle.
3	Rouge grenat...	57,30	Magnifique.
4	Jaune..........	58,05	Très-belle, raie brillante de la bougie.
5	Verte..........	58,23 γ	Très-faible.
6	Verte..........	58,55	Très-forte.
7	Verte..........	59,01	Belle.
8	Verte..........	"	Excessivement lumineuse, je n'ai pas noté sa déviation.
9	Bleue..........	60,18	Très-belle.
10	Bleue..........	60,32	Très-belle.
11	Bleue..........	60,42	Très-belle.

Ces raies sont celles que j'ai précédemment observées avec l'étincelle électrique; mais l'intensité de quelques-unes et leur pureté augmentent avec la quantité de matière transportée. La continuité du courant favorise la volatilisation du métal, et par suite l'illumination de certaines lignes.

CADMIUM.			
1	Rouge limite...	56,59	Visible de temps en temps.
2	Rouge..........	57,19 α	
3	Rouge..........	57,25	Très-forte.
4	Orangé..........	57,35	Faible.
5	Jaune..........	58,02	
6	Jaune..........	58,11	
On aperçoit quatre raies vertes dont deux seulement ont été distinguées sous les n°s 7 et 8.			
7	Vert jaunâtre...	58,28 γ	
8	Vert jaunâtre...	58,33	
9	Verte..........	58,59	Faible.
10	Verte..........	59,45 δ	Très-forte.
11	Bleue..........	61,15	Très-belle.
12	Violet..........	63,07	Faible.

Nous aurions à faire pour le cadmium les mêmes remarques que pour le zinc.

175. Plusieurs raies et même des portions entières des spectres ne pouvant acquérir par les courants d'induction simples une intensité suffisante pour une comparaison complète de ces spectres, j'ai essayé de réaliser une de mes anciennes idées.

176. J'ai toujours pensé qu'en perfectionnant l'appareil au moyen duquel nous avons pu, M. Bréguet et moi, obtenir les premiers, et d'une manière continue, les effets des batteries à l'aide des courants voltaïques, on enrichirait la science d'une véritable machine électrique à haute tension excitée par une simple pile. Les précieuses améliorations imaginées par MM. Ruhmkorff et Fizeau font espérer plus que jamais la réalisation de mes vœux, et déjà l'appareil de M. Ruhmkorff peut être utilisé comme une petite machine électrique.

Dans nos anciennes expériences, les fils de notre appareil étaient mal isolés, et nous ne pouvions produire dans l'air que de très-courtes étincelles; aussi n'est-ce qu'avec beaucoup de peine, et en nous entourant de nombreuses précautions, que nous sommes parvenus, M. Bréguet et moi, à charger *assez fortement* un condensateur (1).

Dans l'appareil de M. Ruhmkorff, la longueur du fil induit, son faible diamètre et son excellent isolement constituent une résistance égale à celle d'une couche d'air de plusieurs millimètres. On conçoit dès lors qu'il m'a été facile de charger des condensateurs et d'obtenir des effets lumineux continus et beaucoup plus intenses qu'avec le seul courant d'induction sans condensateur. J'ai donc repris l'étude des spectres électriques au moyen de cette disposition qui me permettait d'avoir une image fixe et aussi belle que si j'a-

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, tome IV, page 131.

vais employé la machine ordinaire comme source d'électricité.

177. Deux illustres physiciens, MM. Grove (1) et Poggendorff (2), ont récemment adapté le condensateur au courant d'induction.

Je suis heureux par deux raisons que quelques savants aient attaché une grande importance à cette innovation : la première, parce qu'elle n'est qu'une nouvelle application, avec des appareils plus puissants, de ce fait que nous avons signalé (3), *qu'un courant d'induction magnétique peut produire des étincelles à distance dans l'air et charger fortement un condensateur, et qu'un courant d'induction peut être entièrement transformé en électricité statique.*

La seconde, parce que j'ai moi-même employé le premier un condensateur avec l'appareil de M. Ruhmkorff, pendant l'année 1853. Toutes mes expériences sont consignées dans un Mémoire sur l'étincelle électrique, que j'ai adressé à la Société royale de Harlem, à la fin de 1853; ce travail a été couronné par cette Société en mai 1854 et publié dans le courant de la même année.

Description de l'appareil d'induction avec condensateur.

178. Toutes les expériences sur l'étincelle électrique dans l'air ont été exécutées au moyen de l'appareil que j'ai décrit (*Annales de Physique et de Chimie*, tome XXXI, 3e série, *Pl. III*, *fig.* 1). Le condensateur MN, parfaitement isolé, communiquait par son armure supérieure avec le pôle de l'appareil d'induction qui manifeste la plus grande tension, et l'armure inférieure avec l'autre pôle. La surface des condensateurs a varié depuis 1 décimètre carré jusqu'à 16, et j'ai employé jusqu'à 8 eléments de Bunsen de grande dimension.

---

(1) *Philosophical magazine.*
(2) *Annalen der Chemie und Physik,* tome XCIV, page 325 (1855).
(3) Mémoire déjà cité, page 131.

179. L'étincelle qu'on obtient par le condensateur m'a toujours paru plus courte que celle observée avec l'appareil sans batterie. Dans mes expériences, elle a varié environ de 5 à 6 millimètres. Je n'ai pas voulu porter trop loin la charge et la tension, parce que j'ai eu deux fois le désagrément de mettre mes appareils hors de service, en brisant l'isolement des fils par une étincelle intérieure.

180. L'étincelle produite par induction paraît plus lumineuse que celle fournie par le condensateur chargé avec la machine électrique. C'est probablement un effet physiologique qu'il faut attribuer à la continuité de l'étincelle. La même remarque s'applique aux sons produits par trois ou quatre dents placées sur une roue; ils sont moins intenses que ceux occasionnés par une roue dentée entière.

181. Mes condensateurs sont ordinairement entourés d'un bourrelet en résine qui couvre une partie de la lame métallique, afin d'éviter les pertes qui se font par les bords de ces lames au moment de la décharge. N'ayant pas à mesurer ici les intensités des étincelles, j'ai pu faire usage de carreaux sans bourrelet isolant. Dans ce cas, la perte, qui n'est qu'instantanée dans les expériences avec la machine, devient permanente, et tout le bord du métal est entouré d'une auréole lumineuse, phosphorescente, formant aigrette et qui est d'un bel effet; on est frappé, en outre, d'une odeur excessivement forte d'ozone produite par l'action qu'exerce sur l'air cette auréole électrique.

182. L'étincelle provenant d'un condensateur chargé par un courant d'induction est continue et participe des courants des piles et des courants à haute tension. Elle est incomparablement moins intense, lorsque l'appareil d'induction fonctionne sans condensateur.

Examinée à travers le prisme, cette étincelle donne des spectres aussi beaux que ceux que j'ai obtenus avec la machine électrique; ils sont parfaitement fixes.

L'usage de la machine électrique permet d'augmenter à volonté l'intensité et la tension de l'étincelle, de rendre les raies brillantes plus vives; mais elle ne modifie pas leur nombre et leur position déterminés par l'appareil de M. Ruhmkorff muni d'un condensateur.

Si l'on voulait cependant donner un plus fort grossissement à la lunette, afin de dédoubler les nébuleuses formées par l'assemblage d'une multitude de raies très-fines, il serait nécessaire d'avoir recours à la machine électrique ordinaire pour charger de grands condensateurs et augmenter la distance explosible de l'étincelle.

La fixité des raies obtenues par induction fournira à quelque artiste habile l'occasion de représenter avec exactitude les couleurs et toutes les raies des spectres électriques. Les dessins feront ressortir beaucoup mieux que mes mesures les caractères propres à chaque substance employée comme pôle de l'étincelle.

La grande facilité avec laquelle on peut maintenant produire les spectres électriques propagera sans doute leur emploi dans la mesure des indices de réfraction.

183. L'identité des raies brillantes et par conséquent des spectres obtenus avec les mêmes pôles, dans des milieux différents et avec diverses sources électriques, peut être facilement constatée par le procédé suivant :

Je dessine fidèlement sur un papier, et au moyen d'une chambre claire, le spectre d'une étincelle, en me servant de l'appareil d'induction avec condensateur. Après avoir soigneusement vérifié les raies, je projette, sans rien changer à la disposition du goniomètre, l'image d'un autre spectre sur le premier. La différence des deux, si elle existe, est rendue manifeste.

J'ai employé comme pôles tous les métaux qui m'avaient servi dans mes premières expériences. Les sources dont j'ai d'abord fait usage sont :

1°. Appareil d'induction avec condensateur;

2°. Appareil d'induction sans condensateur;

3°. Machine électrique avec condensateur.

184. Quelle que soit la source électrique, si les pôles restent les mêmes, les spectres sont parfaitement identiques.

Quelques raies sont parfois plus faibles avec l'appareil d'induction seul, plusieurs peuvent n'être aperçues qu'à l'œil nu, d'autres apparaissent plus nettes dans un spectre que dans un autre; mais ces légères différences, qui tiennent à l'intensité ou à la continuité de l'étincelle, ne portent aucune atteinte à la conclusion que j'ai tirée plus haut de mes expériences.

185. Les mesures des déviations des différentes raies pouvaient me conduire au même résultat, mais avec moins de certitude que le dernier procédé.

186. Afin de produire beaucoup de vapeurs métalliques et de me placer, autant que possible, dans les conditions de l'étincelle voltaïque, j'ai employé comme pôles une coupe métallique remplie de mercure et une pointe de cuivre rouge.

L'appareil d'induction avec condensateur m'a donné, dans ces conditions, une étincelle qui prend la forme d'une flamme, brille d'un grand éclat et produit un éclairement qui permet de lire à plusieurs mètres de distance de la lumière. Lorsque la vaporisation est commencée, on peut éloigner les pôles, et produire une étincelle plus longue qu'avec des boules métalliques.

Dans cette expérience, l'étincelle de l'extra-courant est à peine sensible, ce qui annonce une grande conductibilité dans le circuit d'induction complété par la vapeur du mercure.

Cette belle expérience confirme mon opinion (1), que les parties entraînées dans le courant augmentent la conductibilité du milieu lumineux et l'intensité de l'étincelle.

---

(1) N° 70.

Le spectre électrique du mercure est le plus beau qu'on puisse obtenir. Il est remarquable par le grand nombre et l'intensité de ses raies brillantes, qui sont identiquement reproduites par l'étincelle de la machine ordinaire avec condensateur.

187. Je n'ai pas encore disposé mon appareil pour opérer sur des métaux fondus. Les expériences de M. Wheatstone (1) font pressentir que les corps à l'état solide ou liquide engendrent des spectres qui ne diffèrent que par l'intensité augmentée dans les liquides, par une plus grande quantité de matière entraînée.

188. De l'aluminium très-pur, qui m'avait été remis par M. Deville, a présenté les mêmes phénomènes que les autres métaux, avec cette particularité que deux ou trois raies violettes principales m'ont paru très-faibles, à la limite du bleu.

Du spectre de l'étincelle voltaïque.

189. J'ai employé une pile de 60 éléments de Bunsen et un appareil à lumière fixe de notre ingénieux constructeur, M. Jules Dubosq, qui a bien voulu m'aider dans l'examen des spectres des étincelles voltaïques. Je lui témoigne ici mes sincères remercîments.

Tout fut disposé de manière à pouvoir projeter successivement et dessiner les deux spectres de l'étincelle d'induction et de la lumière voltaïque.

Les résultats de mes expériences n'ont pas justifié mes espérances. J'ai rencontré de grandes difficultés dans l'exécution de mon travail. Quelques-unes pourront être surmontées, mais d'autres exigeront la construction de nouveaux appareils et beaucoup d'essais.

190. La lumière voltaïque est très-mobile, l'arc lumi-

---

(1) *Comptes rendus de l'Association britannique pour l'avancement des sciences*, quinzième réunion, août 1835.

neux a fort peu d'intensité par lui-même, et l'éclat des pôles en ignition constitue principalement le pouvoir éclairant des appareils photo-électriques.

Cette vive lumière des pôles qui ne donne pas de raies brillantes, comme on peut s'en assurer en plaçant les charbons au contact, donne un spectre dont l'intensité empêche de distinguer les raies du spectre électrique.

Pour obtenir l'étincelle, il faut d'abord mettre les pôles au contact; le courant produit dans la vapeur des métaux et l'air raréfié par une température élevée ne possèdent qu'une faible tension, et l'arc lumineux est toujours très-court. Les métaux fondent et disparaissent si rapidement, qu'on ne peut prendre aucune mesure exacte de déviation. Enfin les pôles ne sont pas en général de même nature, car l'un d'eux est presque toujours en charbon. Je ferai mon possible pour reprendre dans de meilleures conditions l'étude de l'étincelle voltaïque.

J'ai diminué le trop grand éclat de la lumière des pôles en prenant un faisceau très-peu large; pour cela je plaçais devant l'appareil un premier diaphragme dont la fente étroite ne laissait parvenir à mon goniomètre qu'un pinceau lumineux.

Charbon.

191. L'examen de ce corps était intéressant, parce qu'il n'est pas sensiblement fusible ou volatil et qu'on agissait avec deux pôles de même nature.

Le spectre du charbon est sillonné par un grand nombre de raies brillantes.

J'ai observé que le spectre de l'étincelle voltaïque, projeté sur le spectre produit par induction, donnait moins de raies que ce dernier; mais que les lignes du premier spectre recouvraient exactement un pareil nombre de lignes identiques du second. On distingue particulièrement une

très-belle raie rouge. Les raies β de l'orangé et γ du jaune sont très-visibles; la raie δ du vert est fort belle et précédée, comme dans le spectre électrique ordinaire, de deux raies plus faibles.

On observe une nébuleuse verte, deux belles lignes bleues et plusieurs violettes.

Cuivre.

192. Ce métal donne naissance à beaucoup de lignes brillantes dont les homologues sont reproduites par le spectre de l'étincelle d'induction.

On aperçoit une ligne rouge et la raie β. La ligne γ est accompagnée de deux raies jaunes plus faibles, puis vient une large zone verte sillonnée par plusieurs lignes brillantes très-fines.

Ce qui caractérise ce spectre, c'est la présence de trois belles raies vertes dont l'une est la raie δ.

J'ai été frappé du grand nombre de raies bleues de ce spectre; elles m'ont paru plus nettes que dans le spectre électrique, où elles apparaissent comme nébuleuses. On aperçoit plusieurs raies dans l'indigo et deux belles lignes violettes. Ce spectre, par la multitude de ces raies, concorde presque entièrement avec celui de la lumière électrique.

Cadmium.

193. Le spectre du cadmium possède un grand nombre de raies brillantes; les lignes de couleur grenat sont très-intenses, et les autres aussi multipliées que dans le spectre électrique avec lequel il est d'une parfaite identité.

194. Le zinc et l'argent ne se comportent pas comme les métaux précédents. Ces substances, dont la première est très-volatile et oxydable, tandis que la seconde est assez fixe et inaltérable à l'air, même pour une température élevée, se distinguent par le petit nombre des raies de leurs spectres.

Argent.

195. Le spectre contient beaucoup de vert et deux lignes vertes éblouissantes très-caractéristiques et qui ont leurs homologues dans le spectre électrique. On remarque une raie orangée faible et trois raies violettes assez belles que j'attribue au charbon. En tout six lignes brillantes seulement concordant avec de pareilles lignes du spectre électrique.

Zinc.

196. Le zinc ne m'a donné que cinq lignes brillantes, une fort belle rouge, une très-belle verte et une bleue très-remarquable accompagnée de deux autres plus faibles.

L'absence des raies dans le spectre voltaïque du zinc semble déjà indiquer que l'oxydation n'est pas la cause des raies brillantes des spectres électriques.

197. La présence des raies brillantes dans les spectres de la lumière voltaïque, leur concordance avec les lignes des autres spectres électriques, ne peuvent laisser le moindre doute sur l'identité des causes qui les produisent. Pour expliquer l'absence de quelques lignes dans les spectres voltaïques, il faut se pénétrer des faits suivants.

La tension des piles est très-faible, et les étincelles qu'elles produisent ont peu de longueur et d'intensité; elles peuvent être assimilées à celles d'une petite machine électrique déchargée dans un gaz raréfié.

La grande lumière qu'on obtient avec un grand nombre d'éléments est exclusivement le résultat de l'ignition des pôles.

Il serait plus convenable, pour comparer les spectres électriques aux spectres voltaïques, d'employer des piles douées d'une grande tension et donnant une étincelle à distance dans l'air.

Les étincelles obtenues par M. Gassiot à l'aide d'une pile de 3520 éléments chargés avec de l'eau résoudraient facile-

ment la question. En augmentant la tension d'une pile et en diminuant la quantité du courant, on évite l'incandescence des pôles qui nuit aux expériences.

DES SPECTRES DE L'ÉTINCELLE ÉLECTRIQUE PRODUITE DANS LE VIDE ET LES GAZ.

Description de l'appareil.

198. L'appareil qui a été employé dans les expériences suivantes est celui que j'ai décrit dans le tome XXXI des *Annales de Physique et de Chimie*, 3e série, page 307, et qui est représenté *Pl. III*, *fig.* 3. L'étincelle étant située trop loin de l'ouverture AC de la cloche, ce qui diminuait dans mes recherches l'intensité de la lumière, j'ai introduit à frottement dur dans les sphères F et H deux tiges horizontales et parallèles recourbées à angle droit, à leurs extrémités voisines de la glace à faces parallèles AC. Les parties verticales de ces tiges recevaient les boules polaires, qu'on pouvait approcher ou éloigner, en même temps que la lumière électrique était amenée à une distance convenable de l'ouverture de l'appareil. Cette nouvelle disposition, qui permet de donner toute espèce de mouvement aux pôles de l'étincelle, est fort commode.

On observait d'abord l'étincelle dans le gaz, puis dans l'air secs. La comparaison des spectres se faisait de deux manières.

1°. Le premier spectre était dessiné à l'aide de la chambre claire et son image recevait la projection du second.

2°. On mesurait les déviations de toutes les raies importantes des deux spectres.

199. J'ai constaté de nouveau que le condensateur chargé par la machine ou l'appareil d'induction donnait les mêmes spectres.

Les deux lumières ou étincelles qu'on obtient avec l'un ou l'autre mode, n'ont pas la même intensité pour une

même distance explosible. Ce fait, que j'ai déjà signalé, dépend de l'instantanéité ou de la continuité de l'impression qu'éprouve l'organe de la vision. Il est donc nécessaire d'avoir égard au temps que durent les sensations lorsqu'on veut les comparer. On ne doit jamais établir des rapports qu'entre des effets ayant à peu près la même durée, au moins dans certaines limites.

200. On parvient à faire passer dans l'air raréfié, qui est assez bon conducteur, l'étincelle d'un condensateur chargé par induction, en interrompant le conducteur qui réunit l'armure supérieure du cadre avec la boule isolée de l'œuf électrique ou de la cloche, et en produisant au point d'interruption une petite étincelle dont la longueur est réglée par un électromicromètre ou tout autre moyen; sans cette précaution le courant induit traverse seul le vide, et le condensateur ne se charge pas. Dans l'œuf électrique, les phénomènes lumineux sont les mêmes, mais beaucoup plus intenses qu'avec l'étincelle d'induction sans condensateur, et présentent une analogie complète avec les décharges ordinaires des bouteilles de Leyde.

De l'étincelle électrique dans l'hydrogène.

201. Dans l'hydrogène, l'étincelle électrique est très-faible, rougeâtre, et présente l'apparence de l'étincelle dans l'air raréfié. Les couleurs que je désignerai ici par le nom de *couleurs de fond,* et qui sont les teintes plates du véritable spectre de l'étincelle, sans raies brillantes, disparaissent presque entièrement; on n'aperçoit que quelques raies brillantes sur un fond presque obscur. Le spectre offre tous les caractères de ceux observés anciennement par M. Wheatstone, qui employait de faibles lumières. On remarque des lignes brillantes séparées par des bandes obscures. A l'œil nu, c'est-à-dire en regardant sur le prisme sans lunette grossissante, on distingue très-bien les teintes plates et un grand nombre de raies brillantes. Avec un condensateur de

1 décimètre carré, chargé par la machine électrique ou l'appareil d'induction, on ne voit bien nettement que quelques raies; elles sont les mêmes que dans l'air, avec quelques particularités qui d'abord m'avaient fait soupçonner une différence dans les deux spectres. Mes soupçons n'ont pas été justifiés : la faible intensité lumineuse de l'étincelle dans l'hydrogène me confirme dans cette opinion, qui sera bientôt éclaircie, que ce gaz est un très-bon conducteur de l'électricité.

Première expérience dans l'hydrogène.

CUIVRE ET HYDROGÈNE.			
1	Rouge..........	57°,24	Très-belle.
2	Verte..........	59,20	Belle.
3	Verte..........	59,25	
4	Bleue..........	60,08	Bande bleue verdâtre.

Cette dernière ligne est plus large que les autres; elle est phosphorescente, et paraît formée par le mélange de la belle verte δ et d'une bleue; on doit la considérer comme un épanouissement de ces dernières. Cette ligne est caractéristique pour l'hydrogène.

Je n'ai pu opérer avec l'appareil d'induction sans condensateur, la lumière était trop faible. J'ai pris alors un condensateur de 16 décimètres carrés, chargé par la machine, et une étincelle de 10 à 11 millimètres. J'ai pu obtenir, par ce moyen, un spectre complet avec des teintes plates très-visibles. Dans ces circonstances, on distingue toujours la belle raie rouge, les raies vertes très-brillantes qui avoisinent la bande phosphorescente, et les lignes bleues et violettes.

Tableau des déviations des lignes brillantes des spectres de l'étincelle électrique dans l'air et l'hydrogène.

Cadre, 16 décimètres carrés ; chargé par la machine; pôles en cuivre rouge. Distance explosible, 1 centimètre environ.

	AIR.	DÉVIATION.		HYDROGÈNE.	DÉVIATION.	
1	Rouge limite.....	57°,18	1	Rouge limite, large........	57°,20	Cette ligne condense les raies 1 et 2 de l'air.
2	Rouge faible.....	57,52				
3	Entre le rouge et l'orangé faible.	57,43				
4	Orangé. Tr.-belle.	58,02	2	Jaune...........	58,20	
5	Jaune verdâtre. Très-belle.....	58,26	3	Jaune verdâtre...	58,27	
6	Verte. Assez forte.	58,38	4	Raie fine........	"	
7	Verte...........	59,16	5	Verte...........	59,17	
8	Verte. Assez belle	59,22	6	Verte fine........	59,28	
9	Verte forte.......	59,47				
10	Bleue verdâtre. ..	60,05	7	Large bande verte mesurée au milieu	60,08	
11	Bleue...........	60,20				
12	Bleue indigo.....	60,43				
Plusieurs nébuleuses, bleues, indigo, violettes non mesurées.			8	Nébuleuse violette prise au milieu........	01,50	

202. Les faibles différences qu'on trouve en comparant les deux spectres tiennent aux variations dans l'intensité de la lumière, car on les reproduit à volonté dans l'air lorsqu'on diminue sa densité.

Je signalerai cependant la vaste bande verte phosphorescente qui a pour déviation 60°,05, et qu'on retrouve presque constamment dans l'hydrogène.

Zinc et hydrogène. — Condensateur et machine électrique.

Première série.			Seconde série.		
1	Orangé........	58°,06	1	Rouge limite très-belle et large.....	57°,16
2	Jaune..............	58,25			
	Deux belles vertes voisines.			Deux belles vertes.	
3	Première verte......	59,00	2	Première verte......	59,00
4	Seconde verte.......	59,04	3	Seconde verte.......	59,06
5	Verte fine de ce groupe.				
6	Verte forte.........	59,33	4	Verte.	59,33
7	Verte assez belle....	59,45			
8	Large bande bleue verdâtre..........	60,05	5	Large bande vert-bleuâtre..........	60,02
	On aperçoit deux belles bleues.				
9	Première bleue......	60,34	6	Bleue.	60,34
10	Seconde bleue.......	60,40			
11	Indigo fine.........	61,40			

203. Après ces mesures, j'ai enlevé l'hydrogène, que j'ai remplacé par de l'air sec, et j'ai substitué au carreau de 16 décimètres carrés un cadre de 1 décimètre carré seulement, le premier donnant trop de lumière. J'ai obtenu un beau spectre dont les raies étaient identiques à celles de l'hydrogène, et donnaient, par conséquent, les mêmes déviations, avec cette seule différence cependant que la raie qui est phosphorescente dans l'hydrogène se divisait dans l'air en deux lignes très-belles, une verte et une bleue.

Expériences sur l'étincelle du mercure produite dans l'air, l'hydrogène et le vide.

204. La volatilisation du mercure augmentant beaucoup l'intensité de la lumière, j'ai pu faire usage d'un condensateur chargé par induction. Le spectre est alors parfaitement fixe.

205. La lumière étant produite dans l'air sous la pression ordinaire, on fait le vide sans que l'œil abandonne le spectre, et on s'assure que les raies ne changent pas de position. Leur intensité s'affaiblit, quelques groupes forment des nébuleuses; à mesure que le vide devient plus parfait, quelques raies disparaissent, ainsi que les teintes plates du spectre; mais plusieurs lignes brillantes persistent sans jamais changer de position.

206. En laissant peu à peu rentrer l'air, le spectre prend de l'intensité; mais il ne change pas de nature.

Cette manière de faire l'expérience offre un beau spectacle : le spectre présente, pour un certain degré de raréfaction de l'air, l'effet d'un ruban moiré, coupé par des bandes obscures et brillantes, à teintes décroissantes.

207. Les mêmes résultats ayant été obtenus avec plusieurs métaux et différents gaz, on peut affirmer que la pression des fluides élastiques n'exerce aucune influence sur le nombre et la position des raies brillantes des spectres électriques; elle diminue seulement l'intensité de l'étincelle et le pouvoir éclairant de ces spectres.

Mercure et air. — Condensateur et appareil d'induction.

1	Rouge limite...........	57°,13	
2	Rouge..................	57,29	Très-belle.
3	Orangé.................	57,40	Forte.
4, 5	Deux jaunes faibles entre lesquelles on en aperçoit deux très-fines.		
6, 7	Vertes.................	58,11	Très-fortes.
8	Verte..................	58,22	Forte.
9	Verte..................	58,43	Forte entre deux faibles.
10	Verte..................	58,46	Passable.
	Nébuleuse verte.........	"	
11	Limite du vert..........	59,42	
12	Bleue verdâtre..........	59,50	
13	Bleue verdâtre..........	59,51	

Mercure et hydrogène. — Condensateur et appareil d'induction.

		DEVIATION.	
		AIR.	HYDROGÈNE.
1	Brillante raie verte	58,45	58,42
	Belle raie violette.................	62,05	62,04
	Large nébuleuse verdâtre..........	"	60,06

208. Après avoir dessiné le spectre obtenu avec l'air, on lui a superposé celui de l'hydrogène au moyen de la chambre claire; on s'est assuré alors de la parfaite identité des deux images. Je ferai de nouveau observer que j'excepte la nébuleuse verte qui n'existe pas dans l'air sous la pression ordinaire, et ne manque jamais avec l'hydrogène.

Cadmium et hydrogène. — Condensateur et appareil d'induction.

209. Dans l'hydrogène, la raie rouge est fort belle; elle comprend, en s'épanouissant, les deux raies rouges voisines qu'on observe dans l'air, ce qui est la conséquence de la température peu élevée de l'hydrogène dans lequel l'étincelle contient beaucoup de rouge. On distingue toujours la raie phosphorescente. Les teintes plates et quelques raies sont très-faibles. En dessinant le spectre de l'hydrogène, et en lui superposant immédiatement le spectre dans l'air, on trouve que toutes les raies visibles de l'hydrogène ont leurs homologues dans l'air, et que, sauf l'intensité, les deux spectres sont identiques.

Platine et hydrogène. — Condensateur et appareil d'induction.

210. Les deux spectres produits dans l'air et l'hydrogène étant superposés ont présenté des lignes identiques.

Charbon et hydrogène. — Condensateur et appareil d'induction.

211. J'ai comparé par projection les spectres de l'étincelle éclatant entre des pôles de charbon, dans le vide, l'air ou l'hydrogène, sans trouver la plus légère différence dans la position et le nombre des lignes brillantes.

Dans l'air raréfié, le spectre est encore plus intense que dans l'hydrogène.

Le spectre du charbon dans l'air présente une belle raie jaune, qui persiste même dans le vide. Cette raie est douée d'une grande mobilité et paraît osciller. Sur les pôles de charbon, on remarque une multitude d'étincelles, de fulgurations excessivement brillantes, dont la présence devant la fente du collimateur détermine un accroissement considérable d'intensité dans la raie jaune, dont l'origine paraît être cette vive ignition du charbon. Cette raie jaune est la plus vive du spectre du charbon dans l'air, le vide ou l'hydrogène. Je me suis assuré, par plusieurs expériences faites sur la lumière d'une bougie ou sur l'étincelle du charbon, que cette raie jaune du spectre électrique est la même que la raie jaune du spectre de la bougie qui correspond à peu près à la raie D de Frauenhofer.

212. Je pense qu'on peut conclure de cette observation que, dans les spectres des métaux en ignition, on devra retrouver plusieurs des raies brillantes qu'ils présentent quand on les emploie comme pôles d'une étincelle électrique. La raie jaune a donné, comme valeur mesurée de nouveau, 58 degrés à 58°,03. Précédemment j'ai donné 58°,08; mais il faut corriger, si l'on veut des nombres exacts, les mesures nouvelles des actions du verre qui ferme la cloche, ce qui m'a paru inutile pour le but que je me proposais.

213. Je suis persuadé que le métal en ignition augmente la conductibilité du gaz et par suite l'intensité de l'étincelle,

et que la couleur de la lumière électrique emprunte beaucoup aux raies dominantes qui correspondent à chaque métal.

Charbon et acide carbonique.— Condensateur chargé par induction.

214. Pour une même distance d'explosion et une même pression, l'étincelle est plus vive dans l'acide carbonique que dans l'air, ce qui nous indique une moindre conductibilité dans le gaz acide.

La raie rouge limite est fort belle, la raie jaune très-brillante, et, ce qui est curieux, on remarque trois belles raies indigo qui, dans l'air, donnent une nébuleuse. Le violet est très-abondant, le charbon est fortement usé, et paraît avoir été entraîné en très-grande quantité par le courant.

En faisant le vide dans l'acide carbonique, les lignes brillantes persistent, et la raie jaune propre au charbon reste toujours fort belle.

La superposition des spectres, lorsqu'on emploie l'air ou l'acide carbonique, confirme leur identité, que j'ai établie par des mesures de déviations pour les principales raies.

Charbon. — Condensateur et appareil d'induction.

	AIR.	DÉVIATION	ACIDE CARBONIQUE.	DÉVIATION
1	Raie rouge en dehors de la limite.............. ..	57°,06		
2	Raie rouge limite......... .	57,12	Raie rouge limite..........	57°,18
	Plusieurs raies rouges et orangées faibles.		Deux orangées faibles, la seconde..................	57,46
3	Jaune excessivement brillante	58,03	Jaune très-belle............	58,03
4	Verte très-belle...........	58,20		
5	Verte belle................	59,19	Verte assez forte...........	59,25
6	Verte très-belle............	59,41	Plusieurs raies vertes.	
			Trois belles raies indigo.	
	Plusieurs nébuleuses indigo et plusieurs raies violettes sur un fond noir.		Première raie............	60,34
			Deuxième raie............	60,44
			Troisième raie...........	60,55
			Plusieurs raies violettes.	
			Première raie...........	62,40

Platine et acide carbonique. — Condensateur chargé par induction.

215. Dans l'acide carbonique, le spectre qu'on observe en prenant le platine pour pôles de l'étincelle est moins fondu que dans l'air, les teintes plates sont plus vives. La raie rouge limite, formée par la confusion de deux lignes voisines, est plus large que dans l'air. L'orangé et le jaune sont moins mélangés.

La superposition des spectres conduit à leur identité.

Quelques nébuleuses mieux divisées que dans l'air, une forte raie verte dans l'air, devenue plus phosphorescente et plus large dans l'acide carbonique, telles sont les différences peu importantes qui résultent de mes observations sur le platine et l'acide carbonique.

Le zinc, le cadmium, le laiton, le cuivre, placés succes-

sivement comme pôles de l'étincelle électrique dans l'acide carbonique et dans l'air, ont produit des spectres dont l'identité a été constatée par superposition et par mesure des déviations pour les différentes sources électriques.

Métaux et oxygène. — Appareil d'induction avec condensateur.

216. J'ai opéré dans l'oxygène avec le cuivre et le zinc. Les spectres produits dans l'air et l'oxygène avec ces métaux, étant superposés, n'ont présenté aucune différence appréciable.

217. Le professeur Wheatstone a publié dans les *Comptes rendus de l'Association britannique pour l'avancement des sciences*, 15e réunion, année 1835, l'extrait d'un Mémoire très-remarquable sur les spectres des étincelles électriques. Il s'est servi de l'étincelle d'un appareil électromagnétique et de la lumière d'une pile; il a opéré avec différents métaux solides ou fondus, dans le vide, l'acide carbonique et l'oxygène. La faible intensité de la lumière employée par le célèbre physicien anglais l'a empêché de saisir tous les détails des phénomènes. Son travail, d'une rigoureuse exactitude, complété par le mien, conduit nécessairement à ce fait important pour la théorie de l'étincelle électrique :

La constitution des spectres électriques est, pour une même substance employée comme pôles, indépendante de la source électrique et du milieu dans lequel jaillit l'étincelle.

Quelques expériences encore incomplètes me permettent d'étendre ces conclusions même au cas où le milieu est liquide.

De la cause de l'étincelle électrique et des raies brillantes qu'on observe dans son spectre.

218. On a supposé que l'étincelle électrique avait pour cause l'incandescence d'un gaz soumis par l'explosion électrique à une très-forte pression. L'instantanéité de la décharge ne permettrait pas à la compression de s'étendre à une grande distance, et la chaleur dégagée par le gaz comprimé suffirait à le rendre incandescent. On a pensé que cette lumière que l'électricité dégage des gaz en les comprimant, elle la dégagerait encore des gaz plus raréfiés et même de la vapeur mercurielle dans le vide de Toricelli.

Cette hypothèse ne peut expliquer l'étincelle ordinaire dans les liquides, et surtout la lumière voltaïque dans les gaz et dans les liquides.

219. La plupart des physiciens supposent qu'avant la lumière les molécules du milieu que doit traverser le courant sont polarisées, c'est-à-dire que les côtés opposés d'une même molécule possèdent des électricités contraires. Les particules extrêmes, débarrassées à un certain moment de leur électricité située près des pôles, permettraient alors aux électricités contraires de deux molécules voisines de se réunir en produisant de la lumière, dont le foyer primitif serait le fluide impondérable. L'étincelle et la lumière électrique pourraient par conséquent exister dans le vide absolu.

220. C'est aussi en s'appuyant sur ces principes qu'on explique la formation des courants électriques. La théorie de l'étincelle est donc intimement dépendante de celle des courants.

Je n'ai pas la prétention de résoudre dans ce travail des difficultés qui depuis longtemps occupent les physiciens les plus éminents, et, laissant le champ libre aux suppositions,

je me contenterai de généraliser quelques faits et de les ramener à une même cause.

221. J'ajouterai toutefois que, si deux courants électriques d'égale intensité peuvent se mouvoir en sens contraire sans produire aucune action électrique (lumière, aimantation, etc.), il est difficile de soutenir les théories précédentes. Je ne m'étendrai pas davantage sur les hypothèses qui ont été proposées pour rendre compte des courants électriques et de l'étincelle.

222. Le professeur Wheatstone a conclu de ses recherches sur les spectres électriques que la lumière électrique résulte de la volatilisation et de l'*ignition* et non de la *combustion* de la matière pondérable du conducteur même.

Cette conséquence est aussi celle que Fusinieri avait déduite de ses expériences sur le transport de la matière pondérable dans les décharges électriques.

223. Les expériences que j'ai publiées (1) sur la lumière électrique dans les liquides, qui donne des spectres sans lignes brillantes et sans transport appréciable de matière pondérable, m'ont fait rejeter cette explication qui fait dépendre la lumière électrique uniquement de la matière transportée par le courant.

De la conductibilité électrique propre des liquides et des gaz.

224. Les sciences nous offrent assez souvent ce spectacle curieux, qu'une hypothèse admise n'est jamais suivie dans toutes ses conséquences, dont quelques-unes sont méconnues et discutées, alors même que plusieurs faits leur sont favorables. Comme exemple de ce que nous avançons, nous traiterons de la conductibilité propre des corps liquides ou

---

(1) *Études de photométrie électrique.* (*Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, tome XXXI, page 325.)

gazeux, c'est-à-dire de la faculté que possèdent ces corps de propager un courant électrique sans se décomposer.

225. Les partisans des deux fluides supposent que l'étincelle électrique est produite par la réunion des deux électricités, et que cette réunion donne toujours naissance à un courant : par conséquent, s'il peut y avoir courant sans lumière, il n'y a jamais de lumière électrique sans courant. Comme l'étincelle se manifeste principalement dans les corps mauvais conducteurs et surtout dans les liquides et les gaz, il y a nécessité d'admettre que ces deux classes de corps sont conducteurs de l'électricité. Cela posé, les liquides simples comme le brome, ou les gaz liquéfiés comme le chlore, et les gaz simples (oxygène, hydrogène, etc.), dans lesquels on peut faire passer des décharges électriques, ont une conductibilité propre comme les solides simples, et peuvent s'échauffer par un courant assez fort, quand il n'y a pas d'étincelle.

226. Si nous passons maintenant des corps simples aux composés, on nie la conductibilité propre des liquides et des gaz et on l'admet pour les solides. Ainsi le simple changement d'état d'un corps détruirait complétement la généralité des lois de l'électricité. Il y a plus : on retourne la question, on change d'hypothèse, et pour les corps composés le courant électrique est la conséquence nécessaire de la décomposition; la source d'un courant ne serait plus la même pour les corps simples et pour les corps composés.

Dans ces derniers, l'action des pôles ne peut s'exercer sur le fluide électrique qui entoure les molécules, sans qu'à l'instant même les parties constituantes douées d'une électricité propre ne subissent une décomposition. Ainsi les liquides ou les gaz composés ne peuvent conduire l'électricité sans être détruits.

227. Il me semble qu'on pourrait, sans nuire à l'hypothèse de deux fluides et aux théories électrochimiques de Berzelius et Ampère, admettre que pour les corps composés

l'action des pôles d'un courant faible peut donner naissance à une décomposition du fluide naturel qui forme l'atmosphère de la molécule composée, sans vaincre l'affinité électrique des atomes constituants; dans certaines circonstances, ces atomes éprouveraient une action assez énergique pour acquérir des atmosphères contraires à leur électricité propre, et se sépareraient par la répulsion mutuelle des fluides qui les enveloppent.

228. Laissant de côté les hypothèses qui ne peuvent rien sans les faits, j'essayerai de prouver que les liquides et les gaz composés jouissent d'une conductibilité propre comme les solides. Je m'appuierai sur les expériences de plusieurs physiciens, et j'en citerai quelques-unes que je compléterai plus tard. J'espère, sinon convaincre, au moins persuader.

229. Personne n'ignore que l'électricité statique et les décharges des bouteilles de Leyde se transmettent à travers les liquides, et qu'on peut tirer des étincelles de l'une des extrémités d'une longue colonne d'eau électrisée directement à l'autre extrémité par le contact d'une machine ou par des décharges lumineuses. Dans ces expériences, on n'aperçoit aucune trace de décomposition. C'est à l'aide de dispositions particulières que Wollaston a décomposé l'eau par le courant d'une machine ordinaire; et cette action n'est en aucune façon assimilable à celle des courants des piles, puisque le physicien anglais avait les deux gaz développés à chaque pôle.

230. On combat les faits précédents de cette manière. Si les courants à haute tension circulent dans un liquide avec des étincelles aux deux extrémités de la colonne, l'air, conformément aux belles expériences de Faraday, remplit les fonctions de pôle, et les gaz qui résultent de la décomposition du liquide se dégagent dans l'atmosphère. Cette objection me paraît appuyer ce qu'elle veut renverser, car elle est fondée sur mon opinion, que les gaz conduisent l'élec-

tricité comme les solides, et se comportent de même dans toutes les actions électriques.

231. Lorsqu'un courant à haute tension passe d'une machine dans un liquide, puis dans le sol au moyen de conducteurs métalliques plongés dans le liquide, on ne voit aucune trace de décomposition.

Dans ce cas, on invoque la polarité des électrodes comme preuve de décomposition non apparente; les gaz, dit-on, restent en dissolution dans l'eau ou sont condensés sur les conducteurs métalliques : ce qu'on croit prouver en faisant communiquer les pôles du courant avec un électroscope ou un galvanomètre, et en rendant manifeste leur état électrique.

232. La polarité ayant été fort souvent employée pour constater la présence et le sens des courants à haute tension et prouver leur action chimique, et devant revenir plusieurs fois dans cette discussion, nous examinerons les diverses opinions qui ont été produites sur cet état particulier des électrodes.

233. Erman, de Berlin, et même Volta ont annoncé qu'un morceau de papier placé entre deux plaques métalliques servant de pôles à une pile était polarisé. Volta supposait que par la décomposition chimique le liquide qui imprégnait le papier devenait acide d'un côté et alcalin de l'autre, et que les produits de la décomposition formaient alors des électromoteurs de second ordre.

234. En 1801, Gautherot fit l'observation curieuse que deux fils de platine ayant servi à décomposer de l'eau salée, étaient polarisés. Si l'on détache ces fils des pôles de la pile, sans retirer de l'eau salée les parties plongées, on peut obtenir une sensation galvanique sur la langue en la plaçant entre les deux extrémités libres des fils ; ces mêmes extrémités décomposeront l'eau salée dans laquelle on les plongera.

Ayant réuni par un seul fil de platine deux tasses pleines

d'eau distillée, Gautherot les fit communiquer avec les pôles d'une pile de Volta, et attendit la décomposition; il retira ensuite le fil de communication, et mit sa langue entre les deux extrémités qui avaient été immergées dans le liquide. Il éprouva de nouveau la saveur galvanique (1).

235. Les courants que Volta attribuait au contact des corps, ayant été plus tard considérés comme des effets de l'action chimique, on transforma son explication des piles secondaires dont la cause devint naturellement la combinaison des éléments séparés aux pôles par l'action primitive de la pile.

236. M. Marianini reprit la question, et, dans un Mémoire qu'on doit regarder comme un des plus beaux travaux de cet illustre physicien, il arriva à d'autres conclusions (2).

Il combat l'opinion de Ritter qui professait que la charge électrique acquise par les piles secondaires tenait à la difficulté que le courant éprouvait à traverser une série de disques alternativement bons et mauvais conducteurs. Il montre qu'en changeant de place les disques métalliques après le passage du courant, on ne modifie en aucune façon la tension de la pile secondaire. Les expériences de M. Marianini conduisent à cette première conclusion, que chaque disque possède séparément la polarité, c'est-à-dire qu'il est positif d'un côté et négatif de l'autre.

237. M. Marianini charge une pile secondaire, retourne les morceaux de drap, et la pile conserve son signe et sa tension; il place les morceaux de drap entre de nouveaux disques de cuivre, la nouvelle pile secondaire ne possède plus d'électricité. Le contraire a lieu si l'on met des conducteurs humides entre les premiers disques métalliques qui ont transmis le courant, alors même qu'on a soin de les laver et de les frotter. Ainsi la force électromotrice des

---

(1) *Histoire de l'Électricité,* par Sue, tome II, page 211.
(2) *Annales de Chimie et de Physique,* 2[e] série, tome XXXVIII, page 5

éléments de décomposition ou leur action chimique, selon la théorie qu'on adoptera pour les courants, sont sans influence sur le développement de l'électricité dans les piles secondaires.

238. M. Marianini, reprenant les expériences de Gautherot, prend deux verres contenant de l'eau légèrement salée; dans l'un d'eux, il place une lame d'argent et une lame de zinc, et dans l'autre une lame d'argent et un morceau de graphite. Il réunit d'une part les conducteurs en argent, et d'autre part il établit le contact entre le zinc et le charbon, de manière à produire un courant. Après avoir enlevé du liquide les lames d'argent, il les accouple l'une et l'autre avec une troisième lame, et il trouve que l'une est positive et l'autre négative.

239. M. Marianini, adoptant la théorie du contact, pense avoir démontré par ses nombreuses expériences que les électromoteurs de première classe, quand ils sont traversés par l'électricité, sont altérés dans leurs pouvoirs électromoteurs relatifs, et que dans les piles de Ritter, les faces des disques de cuivre qui regardent le pôle positif reçoivent un accroissement de force électromotrice et sont positifs, et les autres surfaces sont négatives. C'est-à-dire que chaque disque se comporte alors comme si d'un côté on le recouvrait d'une couche de zinc, et de l'autre d'une lame d'or.

240. M. de la Rive (1) a publié sur la polarité électrique quelques expériences qui établissent qu'elle peut être produite sans l'intervention des éléments de décomposition. Le célèbre physicien genevois a produit des courants avec des portions des fils polaires qui n'avaient pas été mouillées par le liquide soumis à l'électrolysation; il a pris un fil ayant servi à décomposer de l'eau, il a coupé la partie immergée, et avec la partie restante accouplée à un autre fil de platine il a obtenu des courants avec direction con-

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, tome XXXIV, page 34.

traire, selon que le fil de platine avait servi de pôle positif ou négatif.

M. de la Rive admet que les fils qui ont servi à décomposer des liquides éprouvent une décomposition électrique moléculaire qui persiste plus ou moins longtemps en vertu d'une force coercitive particulière.

241. M. Matteucci a trouvé que des lames de platine plongées dans de l'oxygène ou de l'hydrogène étaient polarisées (1).

242. M. Schœnbein a montré que des liquides qui ont subi l'action d'un courant ont leurs extrémités polarisées (2).

243. Peltier (3) annonce que sous l'influence d'un courant électrique, une colonne d'eau se charge à ses deux extrémités d'électricité statique positive au pôle positif et négative au pôle négatif. Le milieu de la colonne est neutre; le courant étant supprimé, on reconnaît que la colonne liquide est polarisée et donne un courant au galvanomètre.

La première partie de l'expérience de Peltier est conforme aux lois de Ohm et aux phénomènes que j'ai observés sur des conducteurs solides (4); la seconde partie, c'est-à-dire la polarité après la suppression du courant, paraît à l'auteur n'avoir aucun rapport avec l'état statique que possède le liquide pendant le passage de l'électricité, et il croit, avec MM. Becquerel et Matteucci, que les gaz en dissolution dans l'eau, ou condensés sur les lames de platine polaires, sont la véritable cause du courant secondaire qu'on observe en réunissant à un galvanomètre les deux extrémités de la colonne liquide. Il admet que de l'eau tenant de l'hydrogène en dissolution joue le rôle d'alcali à l'égard du même liquide, dans lequel on dissout de l'oxygène qui se comporte comme un acide.

244. Par ce qui précède, on voit qu'on peut ramener à

---

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, tome VII.

(2) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, tome VII.

(3) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, tome VII.

(4) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, tome IV, page 133.

deux principales les diverses opinions émises par les physiciens sur la polarité des électrodes :

1°. L'action chimique;

2°. Un état électrique particulier que prennent, sous l'influence des courants, les conducteurs solides ou liquides, état qu'ils conservent quand le courant a été interrompu, et il paraît bien démontré que si la polarité des électrodes est la conséquence nécessaire d'un courant électrique, elle n'indique pas toujours une décomposition chimique.

245. Pour établir la conductibilité propre des liquides, nous examinerons d'abord les faits qui peuvent entraîner présomption et puis nous donnerons des preuves directes.

246. Rousseau a employé les piles sèches pour reconnaître la conductibilité des substances rangées dans la classe des mauvais conducteurs (1). Ce physicien faisait communiquer un pôle d'une pile sèche avec le sol, tandis que l'autre pôle plongeait dans un liquide qui remplissait un petit vase de métal réuni à la pièce fixe d'un électroscope dont l'élément mobile était une longue aiguille d'acier faiblement aimantée.

Les différentes espèces d'huile possèdent des propriétés conductrices très-différentes; il en est de même des corps mauvais conducteurs solides, tels que la résine, la gomme laque, le soufre, le verre, la soie, etc.

L'eau et les liquides spiritueux, l'alcool, l'éther, les dissolutions salines ou acides ne présentent pas de différence appréciable. Tous ces liquides jouissent d'une très-grande conductibilité électrique pour l'électricité à haute tension, ou, pour rendre toute notre pensée, d'un grand pouvoir de transmission pour le mouvement électrique.

Les pôles de la pile n'étant pas en communication directe, on ne peut supposer qu'il s'établit entre eux, et par l'air, un courant capable de décomposer les liquides tels que l'éther et l'alcool.

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, tome XXV, page 373.

247. J'ai souvent répété, avec d'autres intentions, les expériences de Rousseau, en prenant toutes les précautions possibles pour empêcher la conductibilité superficielle des liquides, c'est-à-dire celle qu'on pourrait attribuer aux parois des vases, à l'humidité condensée sur la surface des liquides ou des appareils, et j'ai toujours constaté la parfaite exactitude des expériences de notre compatriote, qui ne peuvent être expliquées sans admettre la conductibilité propre des liquides.

248. J'ai fait, il y a longtemps, des expériences sur les tourniquets électriques; elles m'ont conduit aux mêmes conséquences que les précédentes. Je profiterai de l'occasion qui se présente pour les faire connaître et fixer la cause de ces mouvements, qu'on a expliqués et qu'on explique encore de diverses manières. Cette partie de mon travail n'est pas nouvelle, car elle fait partie depuis bien des années de mon enseignement.

249. Cavallo (1) fait connaître qu'un moulinet électrique tourne toujours dans l'air, soit qu'on l'électrise positivement ou négativement; que tout mouvement cesse à l'instant où l'on couvre le moulinet d'une cloche, pour recommencer si l'on touche la cloche avec le doigt; enfin, le moulinet est immobile dans le vide.

J'ai répété les expériences de Cavallo en les modifiant, et je les ai étendues à des liquides.

Si l'on prend une enveloppe cylindrique en métal, ayant environ 50 centimètres de diamètre sur 20 à 30 centimètres de hauteur, et qu'on l'isole sur des pieds de verre en plaçant son axe vertical, on n'observera aucun mouvement dans un tourniquet placé à son centre sur un support isolé communiquant avec une machine électrique; mais si l'on met le cylindre en communication avec le sol, ou si l'on approche verticalement une pointe à quelque distance du tourniquet, celui-ci prend aussitôt un mouvement de rotation.

250. J'ai pris un vase de verre, vernis extérieurement

avec une bonne couche de gomme laque. Le fond de ce vase était traversé par une tige pointue, qui recevait un tourniquet; cette tige était fixée par sa base sur un support isolant, et mise en communication avec une machine. Dans l'air, il n'y avait pas de mouvement, à moins qu'on n'approchât une pointe au-dessus du vase. En versant différents liquides dans le vase, j'ai trouvé que le moulinet reste en équilibre tant qu'on ne place pas une pointe au-dessus du vase, afin d'enlever l'électricité au fluide. Avec cette précaution, le tourniquet se meut, si le liquide est un de ceux que le diagomètre de Rousseau indique comme mauvais conducteurs, l'huile d'olive, l'essence de térébenthine, le sulfure de carbone, etc.; il reste immobile, au contraire, si le liquide est bon conducteur au diagomètre, eau, éther, alcool, etc. Le tourniquet électrique peut donc servir aussi utilement que l'appareil de Rousseau pour déterminer la conductibilité relative de liquides mauvais conducteurs (1).

251. Les conclusions qu'Aimé avait voulu déduire de ces phénomènes qu'il avait examinés (2) ne me paraissent pas exactes, et je crois que Cavallo avait mieux déterminé leur cause, et j'adopte son opinion.

« Ces phénomènes s'expliquent, dit le physicien anglais, par le principe que les corps affectés d'une même électricité

---

(1) Depuis plusieurs années, j'ai proposé à divers constructeurs d'appareils télégraphiques, et j'ai indiqué dans mes leçons à l'École Centrale, le moyen suivant d'empêcher l'action désastreuse des nuages orageux sur les fils des télégraphes. Ce moyen repose sur les propriétés que possèdent certains liquides de laisser passer facilement ou de transmettre à peu près complétement l'électricité à haute tension, et d'arrêter les courants voltaïques. Sur un fil de la ligne, et en un point quelconque, on fixe avec des vis de pression un courant dérivé se rendant au sol. Le fil de dérivation est interrompu en un de ses points par une couche d'alcool dans laquelle se rendent les deux fils polaires, terminés par des pointes de platine qu'on peut rapprocher à volonté. On peut substituer aux pointes des espèces de brosses formées de fils très-fins pour faciliter la décharge. L'électricité statique, développée sur les fils de la ligne télégraphique, traversera le liquide, qui sera un obstacle parfait au courant des piles.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, tome LXII, page 419.

se repoussent. L'air contigu à l'extrémité des rayons du moulinet reçoit toujours, à raison de la vertu singulièrement communicative des pointes, une forte quantité d'électricité de la même nature que celle de ses rayons; conséquemment leurs pointes et l'air qu'elles touchent doivent mutuellement se repousser. » (Cavallo, traduction française, page 220.)

252. Dans un milieu limité ou entièrement fermé, les molécules étant également électrisées et repoussées également en tout sens, il ne peut y avoir de mouvement; mais si l'on modifie la distribution uniforme de l'électricité en favorisant son écoulement dans l'air ou le sol, les molécules situées près des pointes seront plus repoussées par celle-ci que par les molécules voisines, et devront se mouvoir en produisant une réaction dans le tourniquet.

253. L'électricité qui s'écoule des pointes pour passer dans l'air en traversant certains liquides sans être absorbée ou sans les électriser sensiblement, produit-elle leur décomposition? N'est-il pas plus probable qu'elle se propage en vertu d'une conductibilité propre des liquides?

254. M. Pouillet ayant trouvé que des liquides décomposés par un courant obéissaient aux lois de la conductibilité électrique des solides, j'ai fait quelques expériences dans le but de connaître si l'on arriverait à cette conclusion pour des liquides mauvais conducteurs et non décomposés. J'ai placé de l'eau distillée dans des tubes de verre ou de caoutchouc vulcanisé, en faisant varier les longueurs des colonnes liquides depuis 5 mètres jusqu'à 10 mètres, et les diamètres de 5 millimètres à 35 millimètres. Le courant était produit par un appareil électromagnétique à mouvement constant, et l'intensité de ce courant était mesurée par un galvanomètre isolé.

Dans toutes mes expériences sur des colonnes un peu longues, je n'ai jamais observé la décomposition de l'eau ou l'altération des pôles en cuivre. En diminuant la longueur du tube, on parvient à une limite pour laquelle l'eau

est décomposée; cette limite varie avec l'intensité du courant.

255. En plaçant dans le circuit deux tubes en U, dont l'un contient de l'eau pure et l'autre une dissolution d'acide sulfurique ou de sel marin, on obtient toujours que la décomposition se manifeste en même temps dans les deux appareils, malgré une différence de longueur. Cette expérience confirme celle de M. Faraday sur les décompositions chimiques, et établit de nouveau qu'un courant exerce la même action en tous ses points quand la section est renfermée dans certaines limites.

L'alcool et l'éther se comportent comme l'eau; mais ces trois liquides présentent d'assez grandes différences dans leur conductibilité propre. Sous ce rapport, on peut les classer ainsi : eau, alcool, éther.

Le sulfure de carbone et l'essence de térébenthine rectifiée ont arrêté tous les courants que j'ai employés jusqu'à présent.

256. Si nous passons des courants à haute tension aux courants voltaïques, nous trouverons encore dans la science beaucoup de faits qui sont favorables à la conductibilité propre.

Un bâton de potasse caustique, placé à l'extrémité du fil d'un galvanomètre, étant plongé dans de l'acide sulfurique monohydraté très-concentré, qu'on a versé dans un vase de platine attaché à l'autre extrémité du conducteur, donne un courant très-énergique sans décomposition apparente de l'acide sur le vase. Cette décomposition serait d'ailleurs inexplicable dans ce cas, l'électricité excitée au contact de l'alcali et de l'acide se propage dans ce dernier comme dans le premier, en vertu de la conductibilité propre.

257. Les courants qu'on développe par l'action réciproque des acides et des bases, et dans les piles à effet constant inventées par M. Becquerel, ne peuvent être expliqués sans admettre que l'électricité, qui est produite au contact des

dissolutions, se propage dans les liquides actifs sans les décomposer.

258. M. de la Rive a employé un appareil magnéto-électrique pour décomposer de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique. Les pôles de décomposition étaient formés par des plaques de platine ayant plus de 450 millimètres carrés. Il n'obtint aucune trace de décomposition, et le courant pouvait cependant échauffer à 93 degrés une hélice thermométrique. Il semble résulter de ces expériences, dit M. de la Rive, que les effets chimiques, comme les effets calorifiques du courant, ne se manifestent qu'autant que ce courant est gêné dans son passage, et que dans les points où il éprouve cette gêne (1).

259. M. Matteucci, dans un travail fort étendu sur la propagation des courants dans les liquides, a démontré, par une expérience remarquable (2), que :

1°. La surface des électrodes exerce une grande influence sur la quantité de décomposition chimique d'un courant;

2°. Un liquide peut propager un courant sans être décomposé.

Ce physicien prend deux vases identiques, contenant une dissolution d'amidon avec iodure de potassium; dans l'un, il plonge de larges électrodes en platine, et, dans l'autre, les pôles sont formés par de simples fils du même métal. Sur ceux-ci on voit bientôt apparaître un abondant dépôt d'iode, alors que les lames de l'autre vase, qui transmettent le courant en entier, restent sans action pendant plus de dix heures.

Si l'on fait attention à la facile décomposition de l'iodure de potassium et à la sensibilité du réactif employé, il faut bien admettre avec M. Matteucci, qui a répété les mêmes expériences dans des dissolutions de sulfate de cuivre, que, « indépendamment de la décomposition électrochimique

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. IV, p. 837.
(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, tome LXVI, page 225.

qui accompagne dans le plus grand nombre de cas le passage du courant électrique et qui exerce certainement une très-grande influence sur le pouvoir conducteur, il y a dans ces corps le même pouvoir de transmission pour l'électricité qui est propre dans un degré supérieur au charbon et aux métaux. Un seul corps, le periodure de mercure, capable de conduire l'électricité sans décomposition, suffit pour établir ce principe. »

Ainsi, M. Mateucci admettait entièrement la conductibilité propre des liquides en s'appuyant sur des faits bien observés; et j'ai dû être surpris de le voir abandonner plus tard ses premières opinions sans en indiquer le motif (1).

260. C'est à l'illustre Faraday qu'on doit la découverte de la conductibilité propre des liquides, et, comme toujours, ce physicien a montré dans cette circonstance la généralité des phénomènes électriques.

261. L'iodide de mercure fondu transmet les courants voltaïques sans se décomposer (2).

262. Le fluorure de plomb offre un nouvel exemple de conductibilité propre des liquides. A l'état solide, son pouvoir conducteur augmente avec la température; et, lorsqu'il est fondu, il est traversé par un courant sans subir la moindre décomposition (3).

263. Des courants électriques, observe M. Faraday, produits par moins de huit à dix couples, peuvent être réduits à une telle intensité, que l'eau les transmettra sans être décomposée (4).

264. Il y a donc quelque raison de supposer, ajoute le savant anglais, que chaque électrolyte exige, pour sa décomposition, une certaine intensité de courant variable avec

---

(1) Lettre de M. Matteucci à M. H. Bence Jones à propos des expériences de M. du Bois-Raymond, page 5.

(2) *Experimental Researches*, n° 414.

(3) *Experimental Researches*, n° 1340.

(4) *Experimental Researches*, n° 985.

chacun. Comme l'eau et d'autres électrolytes peuvent conduire l'électricité sans supporter la décomposition, quand l'intensité du courant est suffisamment affaiblie, on ne peut affirmer que, quand l'électricité traverse un électrolyte, elle produit toujours une action définie et conforme aux lois établies pour les décompositions électrovoltaïques définies; mais on peut négliger la partie d'électricité qui peut ainsi passer sans décomposer, parce qu'elle est très-petite relativement à celle qui produit l'action chimique (1).

265. Toutes les expériences de M. Faraday ont été exécutées dans des conditions qui donnent à ses opinions un grand degré de vérité. Nous examinerons plus loin si, en modifiant les circonstances dans lesquelles sont placés les courants, on ne trouve pas quelque exception aux conclusions de M. Faraday parfaitement exactes dans les limites de ses opérations.

266. Tous les faits que nous avons exposés en faveur de la conductibilité propre des fluides viennent s'échouer contre la polarité des électrodes, et l'appui des noms illustres sous le patronage desquels nous les avons placés n'a pu détruire les résistances qu'on leur oppose. Voyons si la science ne nous offre pas quelque preuve plus directe de la vérité de nos assertions.

267. Arago, dont l'une des plus belles découvertes est, sans contredit, l'action que tous les corps solides ou liquides et même gazeux exercent sur le magnétisme en mouvement, a parfaitement établi que l'eau pure arrête les oscillations d'une aiguille aimantée (2). D'un autre côté, M. Faraday a prouvé, dans son mémorable travail (3) sur l'induction, que les actions réciproques des corps et des aimants en mouvement devaient être attribuées à des courants électriques fermés qui naissent dans ces corps par le déplacement des ai-

(1) *Experimental Researches*, n° 1032.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, tome XXXII, page 214.

(3) *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, tome L, page 41.

mants. Dès cette époque, M. Faraday chercha à produire des courants dans les liquides et n'a pas pu les obtenir. Je ne doute pas qu'avec les puissants appareils dont il dispose il ne parvienne à montrer, comme il l'a fait pour les solides, l'existence de ces courants fermés dans toutes les substances. En attendant, les expériences d'Arago nous paraissent suffisantes pour mettre hors de doute qu'on produit dans les liquides des courants fermés qui ne peuvent évidemment exister avec la décomposition.

268. Guidé par certaines idées théoriques sur l'électricité, et malgré les travaux que je viens de citer, Savary ne croyait pas à l'induction des liquides, et me detourna de publier sur ce sujet des expériences qui pouvaient apporter quelque lumière sur la conductibilité propre des liquides. Persuadé que les courants employés jusqu'alors étaient trop faibles pour produire l'induction dans les liquides, j'employais des décharges de batteries. Dans de gros tubes pleins de liquides, et qui communiquaient par leurs extrémités avec une hélice agissant sur quelques aiguilles d'acier, j'introduisais d'autres tubes d'un plus petit diamètre et beaucoup plus longs que les premiers ; j'isolais de mon mieux les uns des autres. Dans les tubes étroits je plaçais des fils métalliques ou des liquides, et je me servais de ces conducteurs de natures diverses pour décharger des batteries. J'ai obtenu des signes évidents d'aimantation indiquant des courants induits. Mais les objections de Savary sur l'impossibilité d'éviter quelques pertes, quelques courants dérivés, d'obtenir un bon isolement, suffirent pour arrêter mes recherches. Dans ces derniers temps, j'ai opéré avec des tubes de caoutchouc vulcanisé, dans lesquels j'introduisis des fils recouverts de gutta-percha, et j'ai employé, pour reconnaître les courants, l'excellent rhéomètre de M. Marianini. J'ai toujours trouvé un courant induit de sens contraire au courant direct. Je me suis assuré préalablement que, contrairement à certaine opinion, le rhéo-

mètre donne des indications certaines pour les plus faibles ou les plus fortes charges, quand on emploie des fils de fer fins et très-doux recuits au rouge avant chaque expérience. Comme j'ai toujours quelque défiance sur la netteté des effets obtenus par des courants à haute tension, je n'ai parlé de ces expériences que parce qu'elles s'accordent avec celles beaucoup plus anciennes de M. Marianini et les récentes investigations de MM. Faraday, Van Breda et Logeman.

269. M. Marianini (1) est parvenu à induire des liquides et à constater, avec son rhéomètre, que les courants induits étaient toujours de signe contraire aux courants inducteurs lorsqu'on employait des corps mauvais conducteurs. Je me suis assuré, par plusieurs expériences, de l'exactitude des observations du célèbre physicien italien.

On obtient, dans les métaux, des courants induits de même signe, ou de signe contraire, au courant inducteur lorsqu'on augmente ou qu'on diminue l'intensité de ce dernier courant. Ce dernier fait, signalé par M. Marianini dans ses beaux *Mémoires sur l'électricité*, expliquent très-bien la cause des changements de signe que j'ai moi-même obtenus en faisant varier la distance d'un fil induit à un fil inducteur placé dans le circuit d'une batterie électrique, lorsque j'ai découvert l'induction produite par des courants à haute tension dès l'année 1834 (2).

270. M. Faraday a produit l'induction magnétique dans de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique en se servant d'un fort électro-aimant, dont l'armature était entourée d'un tube en caoutchouc vulcanisé rempli de liquide. Les extrémités du fil étaient réunies à un galvanomètre. Dans cette publication, M. Faraday exprime l'opinion que les liquides

---

(1) *Memorie di Fisica sperimentale*, anno I, fascicolo 1, 1838; *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, tome X, page 502.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, tome LXXIV, page 159; tome LXVI, page 36.

peuvent jouir d'une conductibilité propre, et que le courant induit peut avoir lieu sans décomposition.

271. Dans une Lettre adressée à M. Faraday, deux savants hollandais, MM. Van Breda et Logeman, se sont assurés, en répétant l'expérience du physicien anglais, que les fils inducteurs, plongés dans les extrémités de la colonne liquide induite, étaient polarisés (1). Dans leur procédé, les extrémités de la colonne liquide induite recevaient deux fils, un qui était lié au galvanomètre, et un autre, plus court, meilleur conducteur, qui devait propager tout le courant induit. On enlevait ce dernier à l'instant où le courant principal, ayant été établi, avait produit l'induction, et on obtenait au rhéomètre un courant induit qu'on ne pouvait attribuer, disent MM. Van Breda et Logeman, qu'à une décomposition chimique.

Il me paraît, au contraire, que, dans cette expérience, le liquide est polarisé et chargé dans ces deux moitiés d'électricité qui se propage lentement alors que le courant principal a cessé. Je ne vois aucune preuve de décomposition chimique.

MM. Van Breda et Logeman, auxquels je ne saurais témoigner trop de reconnaissance pour l'empressement et la bienveillance avec lesquels ils ont accueilli mes travaux, m'ont, dans plusieurs Lettres, exprimé leur doute sur la conductibilité propre des liquides, et inspiré le désir de résoudre cette question.

272. On pourrait, dans les expériences de MM. Faraday et Van Breda, fermer entièrement le circuit liquide et se servir du courant induit pour produire un courant secondaire dans un fil de cuivre. On réussit bien avec des décharges de batteries; mais il vaudrait mieux, pour éviter toute cause d'erreur, employer l'induction magnétique; car je n'ai pas, je l'avouerai, confiance dans l'action des courants à

---

(1) Journal l'*Institut*, n° 1106.

trop haute tension, surtout quand on emploie, pour manifester les courants, des appareils très-sensibles. Je tenterai cette expérience aussitôt que je pourrai me procurer un appareil magnétique assez puissant. Si l'on obtient alors un courant secondaire, il sera difficile d'admettre que, dans le courant induit liquide fermé, il y a décomposition, et on renouvellera sous une autre forme l'expérience d'Arago, c'est-à-dire la production des courants fermés dans les liquides par des aimants en mouvement.

M. Van Beetz (1), en étudiant la conductibilité des isolants portés à des températures plus ou moins élevées, conclut de ses expériences que même les corps solides composés mauvais conducteurs, quand ils deviennent aptes à propager l'électricité par une élévation de température, éprouvent la décomposition à l'instant même où leur conductibilité se manifeste.

La décomposition polaire des corps solides, par les courants électriques, serait un fait d'autant plus important qu'il obligerait les physiciens à changer toutes leurs idées sur l'action électrolytique des courants.

Le travail de M. Beetz présente plus d'interprétations que de faits certains. Ainsi, il cherche à expliquer pourquoi l'iodide de mercure fondu ne donne, sous l'action d'un courant, aucune trace d'iode ou de mercure; mais il ne prouve pas, à mon avis, que l'iodide de mercure n'a pas une conductibilité propre, comme M. Faraday l'a admis depuis longtemps. M. Beetz suppose qu'il y a décomposition; mais il ne le démontre pas.

273. Les recherches que j'ai entreprises sur la conductibilité électrique des liquides et des gaz m'ont conduit à des résultats que je ne voulais publier qu'après avoir achevé mes travaux sur ce difficile sujet; mais la discussion dans la-

---

(1) *Annales de Poggendorff*, 1854, n° 7; journal l'*Institut*, n° 1104.

quelle je suis entré me fait une nécessité d'en citer quelques-uns.

274. J'ai rempli d'eau distillée un voltamètre ordinaire, et après l'avoir placé dans le circuit d'un courant produit par l'appareil de M. Ruhmkorff, je n'ai pas obtenu la moindre trace de décomposition. Ce fait observé déjà par d'autres physiciens leur avait fait supposer à tort que ces courants, induits à haute tension, ne pouvaient séparer les éléments de l'eau.

Pendant le passage de l'électricité à travers l'eau du voltamètre, je fis la remarque que l'étincelle de l'extra-courant était très-faible, ce qui m'indiquait une bonne conductibilité du circuit induit et la faiblesse du courant produit par la machine. La déviation d'un galvanomètre mettait en évidence le passage de l'électricité induite. Je rompis alors le fil du circuit induit, de manière à interposer une étincelle dans le courant et à augmenter sa tension, j'obtins alors une décomposition polaire très-énergique.

275. Dans une autre expérience, j'ai pris pour pôles deux fils de platine très-fins, dont le diamètre pouvait avoir de $0^{mm},06$ à $0^{mm},08$. Ils étaient placés dans des tubes de verre remplis de mercure et fermés à une extrémité soudée au platine qui sortait du tube avec une longueur de 15 millimètres.

Ces fils fins augmentent la résistance du circuit, et le courant peut décomposer l'eau. L'alcool et l'éther donnent lieu aux mêmes phénomènes, avec cette différence que la décomposition a lieu avec tout le fil plongé dans l'eau, qui est bon conducteur, et seulement à l'extrémité de ce fil polaire dans l'alcool ou l'éther, corps mauvais conducteurs. J'ai placé dans le circuit précédent de l'eau et de l'alcool tenant en dissolution de l'acide phosphorique anhydre. Les deux liquides m'ont donné la même proportion d'hydrogène, conformément à la loi de M. Faraday et à cette hypothèse, que l'alcool est un hydrate d'hydrogène carboné.

Comme toutes ces expériences, parfaitement concluantes pour moi, laissaient toujours subsister cette objection permanente, la polarité, je fis passer pendant longtemps les courants à haute tension de l'appareil d'induction dans des liquides qui ne me présentèrent aucune trace de décomposition ; il me paraît impossible que ces substances subissent pendant plusieurs heures une électrolysation sans un dégagement de gaz, surtout lorsqu'on opère sur de petites quantités.

276. J'ai pris un tube de verre fermé à une extrémité. Son diamètre était de 2 centimètres et sa longueur avait 1 décimètre. Près de l'extrémité fermée, j'ai soudé deux fils de platine ayant environ $\frac{1}{2}$ millimètre de diamètre. Leur distance au fond du tube était de 2 centimètres environ. En pliant un peu les parties des fils situées dans le tube, on peut écarter ou rapprocher leurs extrémités, de manière à éviter l'étincelle dans le liquide. Je versai de l'alcool absolu dans ce tube, jusqu'à 2 centimètres au-dessus des fils. En faisant alors passer dans le liquide le courant induit de l'appareil de M. Ruhmkorff, le liquide s'échauffe, bout et distille entièrement sans aucune trace de décomposition. On réussit également avec de l'alcool ordinaire.

L'ébullition se maintenant constamment entre les pôles, il me paraît qu'on ne peut attribuer l'échauffement du liquide à la chaleur des fils, et dans ce cas même il y aurait passage de l'électricité sans décomposition. Je crois donc avoir prouvé par cette expérience que :

1°. Les liquides composés peuvent conduire l'électricité sans se décomposer.

2°. Les liquides mauvais conducteurs s'échauffent comme les solides, en donnant passage à un courant électrique.

277. En plaçant dans un même circuit un liquide électrolysable et un autre liquide pouvant se vaporiser sans se décomposer, on pourra comparer l'action chimique d'un

courant à son action calorifique. Je publierai prochainement le résultat de mes essais sur ce sujet.

278. Le mercure est le seul liquide simple conducteur, mais, à cause de sa nature métallique, on ne peut invoquer sa conductibilité en faveur de la conductibilité propre des autres liquides. Je n'admets pas, je l'avoue, que la généralité des lois et des phénomènes naturels puisse être détruite par quelque différence de forme, d'aspect ou même d'état, et je pense que tous les liquides simples doivent, lorsqu'on les soumet à un courant électrique, se comporter comme le mercure, avec des différences dans leur pouvoir conducteur. Afin d'appuyer mon opinion sur des faits, j'ai distillé du brome très-pur à la température la plus basse possible, et j'ai condensé ses vapeurs dans des tubes très-secs. Après quoi j'ai fermé l'extrémité ouverte. Près de la partie inférieure, j'avais soudé des fils de platine dont les extrémités placées dans le tube étaient à des distances différentes pour chaque appareil. J'ai fait passer dans ces tubes des courants d'un appareil de Clark, après avoir placé un galvanomètre dans le circuit.

Pour une distance de $1^{mm},5$ des pôles en platine, la déviation du galvanomètre fut de 4 à 5 degrés, et pour 1 millimètre elle s'est élevée jusqu'à 15 degrés. Ainsi le brome est mauvais conducteur, mais il conduit les courants à haute tension.

279. Les gaz comme les liquides éprouvent les effets des aimants en mouvement : quelques-uns, l'oxyde de carbone, l'acide sulfureux, se laissent traverser par des courants d'étincelles sans être décomposés, et jouissent, par conséquent, d'une conductibilité propre.

280. Je ne puis prévoir quelles objections soulèveront mes dernières expériences, mais, jusqu'à preuve bien certaine du contraire, j'ai la conviction que les liquides et les gaz ont une conductibilité propre, c'est-à-dire qu'ils peuvent conduire les courants sans se décomposer comme les

solides, et en subissant comme eux, dans beaucoup de cas, une élévation de température.

Propriété calorifique de l'étincelle électrique.

281. Nous ne rappellerons pas ici toutes les expériences qui montrent l'étincelle électrique agissant comme une substance enflammée, comme un corps en ignition. Elles avaient conduit l'abbé Nollet (1) et plusieurs autres physiciens à l'identité de la matière électrique et de la matière du feu. Cependant quelques faits paraissaient contraires à cette identité. Nous citerons comme exemple le perce-carte. Lorsqu'on fait passer une décharge sous forme d'étincelle à travers un lame de carton ou de papier, on n'aperçoit aucune trace de combustion.

L'objection qu'on peut conclure de cette expérience contre la caloricité de l'étincelle et l'analogie de la substance électrique avec les fluides calorifiques et lumineux n'est pas sans réfutation.

Toute chaleur, en effet, excitée en un point, exige toujours un certain temps pour se communiquer aux parties voisines; et lorsque nous voyons les métaux enlevés par des courants électriques rester inactifs pour brûler les corps isolants qu'ils recouvrent comme la soie, etc., nous ne saurions douter que l'ignition et la vaporisation instantanée du métal peuvent ne pas échauffer les parties voisines. Beaucoup d'autres phénomènes physiques nous offrent des preuves qu'une combustion instantanée peut rester limitée et sans action sur des parties voisines. Les poudres fulminantes, la pyroxyline par exemple, peuvent s'enflammer sans exciter la combustion dans des substances très-inflammables, comme la poudre de guerre, sur lesquelles on les place.

Ainsi la température élevée de l'étincelle électrique peut

---

(1) *Essai sur l'Électricité*, page 119.

dans quelques cas rester douteuse, parce que son instantanéité et la faible quantité de chaleur qu'elle possède limitent son action à un très-petit nombre de points qu'elle traverse.

282. Si l'on place un thermomètre sur le passage d'une étincelle dont les pôles sont bons conducteurs, on n'observe aucune élévation de température; mais si l'on augmente la durée du courant, si l'on diminue la vitesse de l'électricité par de mauvais conducteurs, du bois, de l'ivoire, etc., on obtient un courant d'étincelles qui, suivant Nairme (1), a fait monter un thermomètre de 14 degrés centigrades. Van Marum (2), à l'aide de sa puissante machine et des conducteurs médiocres, a pu rendre manifeste dans l'étincelle une notable élévation de température.

283. On peut attribuer, il est vrai, la chaleur thermométrique observée dans ces expériences à l'échauffement des pôles et non à une chaleur propre de l'étincelle, car M. Edmond Becquerel (3) a essayé sans succès d'échauffer par rayonnement d'une puissante étincelle une pile thermo-électrique très-sensible.

284. Des observations contradictoires qui précèdent doit-on conclure que l'étincelle électrique ne possède pas une température élevée? Je ne le pense pas, et j'entrerai dans quelques détails relatifs à ce point important pour la théorie de l'électricité : *la chaleur de l'étincelle électrique.*

285. Personne ne met en doute la caloricité de l'étincelle voltaïque au moyen de laquelle Davy et M. Despretz ont fondu les corps les plus réfractaires.

286. Sous l'action d'un courant d'étincelles d'induction, j'ai échauffé jusqu'au rouge des boules de charbon et même

---

(1) *Gilbert's Annalen,* tome XX, page 336.

(2) *Gilbert's Annalen,* tome XX, page 247.

(3) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences,* tome VIII.

de platine (1). L'identité des étincelles ordinaires et de celles qu'on obtient avec des appareils électromagnétiques, ne permet pas de douter qu'avec un courant continu des premières on parviendrait à échauffer très-fortement les pôles. Les étincelles ordinaires se succédant à de longs intervalles, la chaleur qu'elles développent aux extrémités des conducteurs se dissipe entre deux décharges.

287. L'échauffement des pôles par un courant rapide d'étincelles n'est pas douteux; mais la chaleur de l'étincelle ne paraît pas aussi certaine, car on peut attribuer la température élevée des extrémités des conducteurs, non pas à celle de la lumière électrique, mais à la résistance que les courants éprouvent à passer d'un bon conducteur dans un mauvais. Dans ce cas, l'électricité accumulée aux pôles se changerait en chaleur.

288. Cette dernière explication de la température des pôles est combattue par l'expérience et le raisonnement.

289. Avant l'explosion, l'électricité, condensée aux pôles, est à l'état statique, et doit se porter à leur surface sans les échauffer, cela est conforme à tous les faits et à toutes les théories de l'électricité. Si la résistance des conducteurs était la cause de leur échauffement, l'élévation de température ne commencerait pas toujours à l'extrémité qui possède la plus grande section, et se produirait immédiatement dans tous les points du conducteur polaire.

290. J'ai observé plusieurs fois que la foudre, en passant d'un conducteur à un autre sous forme d'étincelles, avait toujours fondu les extrémités seulement des métaux qui la transmettaient, sans même les échauffer suffisamment dans leurs longueurs pour altérer les matériaux très-combustibles qui les supportaient.

291. Lorsqu'on fait passer une série d'étincelles d'un appareil d'induction entre deux pôles formés d'un fil fin de

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences,* 27 juin 1853.

fer ou de platine, on observe que le fil négatif rougit le premier, par son extrémité d'abord, qui bientôt entre en fusion, le fil positif restant obscur ou moins chaud (1).

292. L'expérience suivante démontre suffisamment que l'étincelle électrique possède une très-haute température, et que les pôles ne s'échauffent que par communication par leur contact avec le conducteur gazeux porté à l'incandescence. J'ai fait passer dans un même circuit deux courants de même sens superposés, obtenus au moyen de deux appareils de M. Ruhmkorff. Un seul interrupteur produisait dans le même instant les courants induits des deux appareils. A l'aide de ce procédé, j'ai augmenté la tension du courant, et les étincelles que j'obtenais occupaient dans l'air une longueur de 20 à 22 millimètres. En prenant pour pôles des fils de platine de $\frac{1}{3}$ de millimètre de diamètre, les étincelles se présentaient, pour leur longueur maximum, avec tous les caractères des étincelles des machines ordinaires.

En rapprochant les pôles, le fil négatif s'échauffa le premier par son extrémité et rougit. La lumière électrique commença à prendre une forme ellipsoïdale, dont l'intérieur était sillonné par une étincelle fine et très-brillante. La flamme, peu lumineuse, présente la plus grande analogie avec celle que M. Despretz a observée avec les piles.

A une moindre distance des pôles, l'étincelle centrale disparaît, et la lumière présente entièrement l'aspect de la flamme ou étincelle voltaïque. L'air échauffé joue le rôle d'un bon conducteur, tous les points du circuit gazeux sont également lumineux et influencés par le courant; le pôle négatif entre en fusion, et le pôle positif, qui jusqu'alors était resté obscur, commence à devenir incandescent à son extrémité. Enfin en diminuant encore la distance des pôles, tous deux fondent, et le négatif plus rapidement que le positif.

---

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 27 juin 1853.

On voit, par ces expériences, qu'avec les appareils d'induction on peut passer graduellement de l'étincelle ordinaire à l'étincelle voltaïque, et qu'à l'extrémité négative la lumière électrique possède une température plus élevée qu'au pôle positif.

M. Gassiot avait obtenu l'inverse, et produit avec une pile de 3520 éléments, cuivre et zinc, chargée d'eau, un courant d'étincelles analogues à celles de nos machines (1).

293. En plaçant un fil très-fin de platine dans l'intérieur de l'étincelle produite par un courant d'induction, je suis parvenu à le fondre.

294. La tension de l'électricité et la rapidité avec laquelle les décharges se succèdent, sont les seules différences qu'on puisse admettre dans les étincelles des différentes sources.

Les étincelles ordinaires sont aux flammes de l'appareil voltaïque ce qu'est le bruit aux sons musicaux. Les étincelles sont des courants ou des flammes d'une très-courte durée.

295. L'incandescence des fils polaires n'est pas produite par le courant qui les traverse, et ils empruntent leur température élevée à l'étincelle dans laquelle ils sont plongés; ils arrivent en ignition par communication.

296. Tous ces faits sont d'accord avec les expériences de Peltier sur la caloricité des courants (2). Ce physicien a trouvé que dans les alternatives des conducteurs, la plus grande élévation de température a lieu quand le courant négatif passe du meilleur conducteur dans le moins bon.

Ainsi, lorsqu'un courant négatif passe du cuivre dans un fil de platine qui devient incandescent et nous offre une étincelle dans un solide, c'est le pôle cuivre négatif qui possède la température la plus élevée, et ce pôle, échauffé lui-même par le courant, prend au platine un surcroît de

---

(1) *Philosophical Transactions*, tome LXV, page 476, 1844.
(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, tome LVI, page 378.

chaleur, et peut même rougir par communication sans que ses autres parties parviennent à une température aussi élevée. Les solides nous offrent donc les mêmes phénomènes que les gaz, lorsqu'ils sont rendus incandescents par les courants.

297. Tous ces phénomènes apparaissent encore dans la lumière ou mieux la flamme produite entre deux pôles de charbon par une pile puissante. L'intensité lumineuse de l'étincelle qui occupe un grand volume est très-faible comparativement à celle des pôles qui s'échauffent par communication.

La présence d'un corps opaque et infusible, élevé à une très-haute température par le gaz incandescent, est nécessaire lorsqu'on veut obtenir une vive lumière et une chaleur intense, et la matière transportée par le courant doit, comme je l'ai déjà indiqué, augmenter l'intensité de la lumière électrique, et par suite celle de la chaleur de l'étincelle. Nous trouvons donc dans ce cas une nouvelle application des belles découvertes de Davy sur les flammes.

298. Il paraît démontré par tout ce qui précède que la température de la lumière électrique, sous quelque forme qu'elle se manifeste, est très-élevée, et que les pôles des étincelles s'échauffent principalement par communication.

299. L'expérience de Kinnersley, et les explosions violentes et souvent dangereuses qu'on obtient en faisant éclater une forte étincelle dans un tube rempli entièrement de liquide, sont des phénomènes qui dépendent de la température élevée de l'étincelle.

De l'action chimique de l'étincelle électrique.

300. L'électricité produit la combinaison ou la décomposition des corps : elle agit de deux manières, ou par étincelle, ou par courant. Ce dernier mode d'action étant connu, je n'examinerai que l'action chimique de l'étincelle, dont l'étude est d'autant plus importante qu'elle

devra conduire un jour à l'explication des propriétés chimiques de l'électricité, et à établir les rapports de cette force à la chaleur.

Les combinaisons et les décompositions auxquelles l'étincelle donne naissance ont enrichi la science d'un grand nombre d'observations curieuses.

301. Les gaz soumis aux décharges électriques se combinent ou se décomposent de la même manière que par la chaleur. Les métaux fondus dans l'air par un courant électrique très-intense s'oxydent comme dans les expériences de Van Marum (1) et de Cuthberson (2).

Des oxydes, des sulfures placés dans l'étincelle d'une batterie ont été décomposés par Van Marum (3) et Cavallo (4). Les liquides eux-mêmes, et nous devons cette belle expérience à Priestley, peuvent être réduits par l'étincelle en leurs principes constituants (5), et tout le monde connaît la décomposition de l'eau par l'étincelle opérée par Paets-Van-Troostwijck et Deiman (6) ; leur instrument fait partie des principaux cabinets de physique.

302. Dans toutes ces expériences, on n'a pas cherché quelle pouvait être la cause réelle de l'action chimique : on ne trouve dans les anciens auteurs aucun essai d'explication de ces propriétés curieuses de l'électricité.

303. Wollaston (7) voulant produire, avec l'électricité des machines, les décompositions voltaïques afin de prouver l'identité des diverses espèces de courant, opéra de la manière suivante la séparation des éléments de l'eau.

Il prit des fils très-fins de platine, les introduisit dans

---

(1) *Description d'une grande machine électrique.*

(2) *Practical Electricity*, page 197; *Gilbert's Annalen*, tome XI, page 400.

(3) Ouvrage cité.

(4) *Traité d'Électricité*, page 48.

(5) *Exp. and Obs. on diff. kinds of Air*, 1714, p. 245.

(6) *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, tome V, page 245.

(7) *Philosophical Transactions*, 1801.

des tubes de verre, et, après les avoir soudés à l'une des extrémités par fusion du verre, il ne laissa qu'un point métallique à la surface fermée des tubes. Il employa pour décomposer l'eau ces appareils que nous désignerons sous le nom de *pôle de Wollaston*. Pour obtenir une bonne conductibilité, il est convenable de remplir les tubes de mercure dans lequel on plonge les conducteurs.

Wollaston prit deux pôles ou deux tubes qu'il plongea dans l'eau; l'un communiquait avec le conducteur d'une bonne machine et l'autre avec les coussins, et il obtint alors la décomposition de l'eau, sans étincelle apparente, par un courant électrique de l'appareil. Ce qui caractérise l'expérience de Wollaston, c'est la présence de l'oxygène et de l'hydrogène aux deux pôles. Ainsi l'électricité n'agit pas dans ce cas comme un courant voltaïque; l'action n'est pas polaire. On pouvait donc supposer, malgré la conclusion du physicien anglais, que l'électricité voltaïque n'agissait pas comme celle des machines, et l'expérience précédente n'a pas encore été expliquée, souvent même on a mis en doute sa réalité (1).

304. Les expériences de M. Armstrong (2), avec sa puissante machine hydro-électrique, ont détruit les objections qu'on pourrait élever sur l'identité des courants à haute tension et des courants voltaïques. M. Armstrong a non-seulement décomposé l'eau, mais encore un assez grand nombre de dissolutions salines; et les produits de décomposition se sont rendus isolément aux pôles du courant, comme si l'on avait opéré avec une pile ordinaire.

305. M. Faraday a décomposé polairement la teinture de tournesol et autres composés, en prenant l'air pour conducteur et la machine électrique pour source de courant (3).

---

(1) FARADAY, *Experimental Researches*, nos 330 et 339.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, tome X, page 106.

(3) *Experimental Researches*, no 460 et suivants.

306. J'ai essayé, mais sans succès comme plusieurs physiciens, à décomposer l'eau dans un voltamètre ordinaire avec l'appareil de M. Ruhmkorff. Le courant traverse facilement le liquide; sa tension est très-faible, et l'on en a une preuve dans le peu d'intensité de l'étincelle de l'extra-courant. Mais si l'on interrompt le circuit du courant induit de manière à produire une étincelle, on obtient alors facilement la décomposition polaire de l'eau, de l'alcool, etc. Le même résultat peut être obtenu en prenant pour pôles des fils très-fins de platine de 1 à 1 $\frac{1}{2}$ centimètre de longueur, soudés dans des tubes de verre. La résistance que ces fils très-fins opposent au courant induit augmente sa tension et le rend capable de décomposition.

Toutes ces expériences démontrent que les courants à haute tension se comportent comme des courants voltaïques et peuvent décomposer polairement les électrolytes; mais elles ne donnent aucune explication de l'expérience curieuse de Wollaston,

307. Il ne faut pas confondre cette décomposition polaire avec celle que produit l'étincelle dont tous les points exercent la même action et forment des centres de complète décomposition.

Lorsqu'on fait passer des étincelles dans un liquide, on obtient un dégagement de gaz qui annonce assez généralement une décomposition, bien que dans quelques circonstances on pourrait supposer que la pression et la chaleur que l'étincelle produit, favorisent la sortie de quelques gaz tenus en dissolution.

Dans mes expériences de photométrie électrique, les nombreuses étincelles dont j'ai eu besoin m'ont permis de constater une évidente décomposition dans tous les liquides; mais la difficulté de recueillir les gaz et leur faible quantité rendaient impossible une analyse exacte.

308. On décompose facilement tous les liquides par l'étincelle, au moyen de l'appareil de M. Ruhmkorff, et les gaz

recueillis peuvent être analysés. On prend pour pôles du courant induit ou des pôles de Wollaston, ou, ce qui est préférable, des boules très-petites, fondues à l'extrémité de fils de platine qu'on introduit dans des tubes de verre. On soude le verre au platine en ne laissant sortir que la boule polaire; le tube est ensuite rempli de mercure. Les étincelles tirées des pointes de Wollaston les altèrent rapidement et mettent les appareils hors de service. Les boules polaires étant suffisamment rapprochées dans le liquide, on obtient une série d'étincelles continues, et les gaz sont recueillis dans des cloches placées au-dessus de l'étincelle. Pour obtenir des gaz secs et purs, j'introduis les pôles dans de petits ballons à trois tubulures remplis du liquide que je veux soumettre à l'expérience; la tubulure supérieure sert au dégagement du gaz qu'on peut laver, sécher et recueillir sur le mercure.

J'ai pu de cette manière décomposer l'eau, l'alcool, l'éther, le sulfure de carbone et l'essence de térébenthine.

L'alcool ordinaire donne un mélange d'hydrogène et oxyde de carbone très-exactement conforme à la théorie

$$C^4H^6O^2 + H^2O^2 = C^4O^4 + H^8.$$

L'éther anhydre fournit un mélange d'oxyde de carbone et d'hydrogène avec un dépôt de charbon

$$C^4H^5O = CO + H^5 + C^3.$$

Le sulfure de carbone laisse un abondant dépôt de charbon; le soufre reste probablement en dissolution dans le sulfure.

L'eau contenue en dissolution dans le liquide peut, en fournissant de l'hydrogène et de l'oxygène, altérer la réaction et le rapport de l'hydrogène à l'oxyde de carbone; mais ces produits se trouvent toujours comme résultat définitif dans la décomposition de l'éther et de l'alcool.

309. Une conséquence nécessaire de cette décomposition par l'étincelle était que l'oxyde de carbone résisterait à l'action de l'électricité. J'ai donc soumis plusieurs gaz à

l'influence de l'étincelle d'induction dans des tubes eudiométriques (1); j'ai facilement décomposé l'hydrogène sulfuré en soufre et hydrogène, l'ammoniaque en azote et hydrogène; mais je n'ai pas remarqué que l'oxyde de carbone et l'acide sulfureux aient été altérés. Lorsqu'on décompose l'hydrogène sulfuré, ou lorsque, dans des analyses eudiométriques, il reste de l'hydrogène, le fil qui primitivement rougissait, noircit, et la flamme est pâle et bleuâtre, ce qui indique une fois de plus que l'hydrogène est en même temps bon conducteur de l'électricité et de la chaleur; ce qu'on peut ainsi inférer des expériences de M. Grove sur l'incandescence des fils dans différents gaz.

310. Tous ces phénomènes sont produits avec une énergie remarquable et un aspect fort curieux, lorsqu'on se sert de l'étincelle d'un appareil de M. Ruhmkorff armé de mon condensateur.

Pour les liquides bons conducteurs, je prends des pôles de Wollaston, et pour les autres soit des pôles de Wollaston, soit des pôles à boules.

La tension est si forte et l'étincelle si vive, que très-souvent les tubes de verre se brisent en éclats près des soudures des fils de platine. La lumière augmente avec la résistance du liquide; elle est beaucoup plus belle dans l'alcool que dans l'eau; les gaz provenant de la décomposition se dégagent en abondance, et les étincelles produisent des séries de chocs si violents dans les liquides, mauvais conducteurs, que leurs effets fatiguent l'oreille. Cette disposition pourra rendre un jour de grands services aux chimistes dans l'étude des décompositions chimiques, car on obtient un courant continu bien supérieur en tension à tout ce qu'on a pu produire jusqu'à ce jour.

311. L'étincelle voltaïque agit comme l'étincelle ordi-

---

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 27 juin 1853, page 1132.

naire (1), et donne lieu aux mêmes produits de décomposition, ainsi que je l'ai vérifié.

312. La décomposition par l'étincelle doit être distinguée de la décomposition polaire, et je la désignerai par le mot *photo-électrique*.

313. L'action de l'étincelle me paraît identique à l'action calorifique qui détruit ou favorise les affinités chimiques; portée subitement et pendant un instant très-court au sein d'un liquide ou d'un gaz, une grande quantité de chaleur à une température élevée produirait, sans doute, les effets de l'étincelle.

A la décomposition photo-électrique nous rattacherons les faits suivants :

314. M. Grove (2) a reproduit l'expérience de Wollaston en se servant de l'appareil de M. Ruhmkorff, et il a remarqué que les extrémités des pointes étaient lumineuses. Les mélanges détonants recueillis aux deux pôles renfermaient tantôt un excès d'hydrogène, tantôt un excès d'oxygène. En substituant une lame de platine à l'un des pôles wollastoniens, les gaz dégagés étaient en quantité très-minime sur la plaque, et la décomposition restait abondante au pôle lumineux.

315. J'ai répété ces expériences en les modifiant, et j'ai ajouté quelques nouveaux faits à ceux observés par M. Grove.

316. J'ai trouvé (3) qu'il y avait toujours excès d'hydrogène au pôle négatif et d'oxygène au pôle positif; le premier décompose plus abondamment que le second.

Lorsqu'on prend une boule en platine pour extrémité d'un pôle, l'autre étant une pointe fine de Wollaston, le dégagement est très-faible sur la boule, et on obtient le gaz oxy-hydrogène sur la pointe avec excès d'hydrogène ou

(1) *Études de photométrie électrique*, n° 167.
(2) *Philosophical Magazine*, n° 31, mars 1853.
(3) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 27 juin 1853.

d'oxygène; selon que la pointe est négative ou positive, la boule donne toujours le gaz complémentaire.

317. Si la pointe d'un pôle wollastonien est placée à une certaine distance du liquide, qui, dans mes expériences, consistait en eau acidulée par de l'acide phosphorique, et qu'une série d'étincelles jaillissent du métal sur le liquide, l'autre pôle formé d'une boule placée dans le liquide ne manifeste que des traces de décomposition. Le gaz obtenu indique une décomposition polaire; car on trouve qu'il est exclusivement formé d'hydrogène ou d'oxygène pur, selon le signe électrique de la boule polaire.

318. L'alcool ordinaire, l'éther, etc., présentent les mêmes phénomènes que l'eau, et les dégagements de gaz sur la boule sont toujours très-faibles et souvent nuls. Les produits de décomposition très-abondants, obtenus dans ces liquides par des pôles wollastoniens, avaient la même composition que ceux précédemment analysés et que l'étincelle avait degagés; ils étaient formés d'hydrogène et d'oxyde de carbone.

319. M. Grove avait pensé, et j'avais d'abord admis son opinion, que toutes ces décompositions devaient se rattacher à sa belle découverte de la décomposition de l'eau par le platine incandescent (1), et que l'extrémité du pôle wollastonien, porté à l'ignition par le courant électrique, devait agir en vertu de sa température élevée, et décomposer les liquides plus facilement et plus sûrement qu'une sphère en platine échauffée par tout autre moyen.

320. En examinant le phénomène avec plus d'attention, je ne tardai pas à reconnaître l'inexactitude de cette explication.

La pointe en platine qui a servi de pôle ne manifeste, aucun signe de fusion ou d'une température élevée. Aucun

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, tome XXI, page 129; *Leçons bakeriennes*, 1846.

point du fil polaire autre que l'extrémité ne paraît lumineux dans l'intérieur du tube. Le mercure que celui-ci contient ne s'échauffe pas, et sa grande conductibilité calorifique serait même un obstacle à l'incandescence du platine. La lumière n'existe pas seulement à la pointe métallique, elle forme très-souvent dans le liquide, surtout s'il est mauvais conducteur comme l'alcool et l'éther, une aigrette lumineuse qui décompose sur tous ses points. La lumière prend toutes les teintes, rouge, violacée, etc., de l'étincelle électrique, et non pas l'aspect étincelant et blanc que devrait avoir la pointe de platine assez échauffée pour décomposer l'eau. Enfin l'expérience suivante me paraît concluante.

321. Je prends deux fils très-fins de platine, je les introduis dans deux petits tubes de verre que je soude à une extrémité, en laissant sortir 4 centimètres de fil. Je remplis les tubes de mercure, après les avoir recourbés à angle droit, et je les plonge dans les liquides à décomposer.

J'emploie toujours pour source électrique l'appareil d'induction.

Dans l'eau, on n'aperçoit aucune trace de gaz sur les fils de platine, et cependant le courant passe très-bien et l'eau s'échauffe. On tire une étincelle dans le circuit, la décomposition polaire se manifeste immédiatement.

On coupe les fils et on leur laisse $\frac{1}{2}$ centimètre; on peut alors décomposer l'eau directement sans étincelle interposée dans le courant. Les gaz s'élèvent sur tout le fil par couches d'épaisseur variable et discontinue comme le courant. Si l'on enlève enfin tout un fil et qu'on forme alors un pôle wollastonien, la lumière apparaît, et le fil plus long de l'autre pôle ne présente aucun dégagement de gaz, qui est au contraire abondant au pôle lumineux.

Il n'est pas nécessaire, pour avoir un point lumineux, d'enlever tout le fil au niveau du verre; souvent, quand il

est très-fin, on peut en laisser une fraction très-petite qui devient lumineuse à son extrémité sans fondre.

322. Mais l'expérience est plus concluante avec l'alcool. Les mêmes tubes, munis de leurs appendices en platine fin de 4 centimètres de longueur, étant plongés dans de l'alcool, le décomposent polairement, lorsqu'ils transmettent le courant induit. La décomposition se manifeste principalement à la pointe du fil et non pas sur toute sa longueur, comme on le remarque dans l'eau.

Si l'on raccourcit peu à peu l'un des fils, on arrive à une longueur pour laquelle sa pointe devient lumineuse et le siége d'une aigrette, la décomposition devient abondante en ce point et presque nulle sur l'autre fil. On coupe alors ce dernier et on le rend plus court que le précédent, le phénomène change alors de position. Le fil le plus court, à partir d'une certaine longueur, est toujours lumineux à sa pointe et produit la décomposition la plus abondante. Le changement de signe du courant est sans influence sur le phénomène. L'extrémité du fil lumineux n'a jamais, malgré son faible diamètre, montré la plus légère trace de fusion.

Toutes ces expériences ne réussissent qu'avec des fils excessivement fins.

Je ne puis publier toutes les expériences que j'ai exécutées dans des conditions très-variées; elles me conduisent toutes à ces conclusions.

323. Les expériences de Wollaston et de M. Grove sont des cas particuliers de décomposition photo-électrique.

L'étincelle électrique, quelle que soit sa forme, l'étincelle ordinaire, l'aigrette ou le point lumineux, produit la décomposition complète du liquide au milieu duquel elle est produite; elle paraît, dans tous les cas, agir comme chaleur et par la température élevée dont elle est le siége, et donne toujours les mêmes produits de décomposition.

324. Dans l'expérience de Wollaston, il n'est pas fait mention d'apparence lumineuse au pôle de décomposition. Doit-on conclure des observations de M. Grove et des miennes que la lumière existait et que Wollaston n'y a pas fait attention? Cela paraît téméraire lorsqu'il s'agit d'un aussi grand physicien. N'est-il pas plus naturel de supposer qu'une décomposition complète peut exister, alors même que la lumière n'est pas apparente, si l'électricité possède une tension suffisante. Jusqu'à présent il m'a été impossible de produire ce mode d'action électrique; mais je ne désespère pas d'y parvenir et de trouver les rapports entre la décomposition polaire et la décomposition photo-électrique, qui ne sont probablement que deux manifestations différentes d'un même fait.

325. Dans tous les milieux, les décompositions photo-électriques et polaires peuvent coexister, et nous trouvons dans ce nouveau mode de décomposition une preuve de la conductibilité propre des liquides.

Les expériences intéressantes de Maas sur l'illumination des électrodes plongés dans différents liquides, et transmettant un courant voltaïque, confirment toutes mes déductions (1).

Cette phosphorescence des pôles indique le passage de l'électricité, et comme la décomposition est très-faible, il faut bien admettre que les liquides laissent passer le courant sans se décomposer. Dans ces expériences, on trouve une nouvelle preuve que toutes les sources électriques donnent naissance aux mêmes phénomènes.

326. Les décharges électriques provenant de source quelconque peuvent donner lieu aux phénomènes suivants, complétement étudiés par M. Faraday avec l'électricité des machines.

1°. Courant sans lumière ou décharge obscure. Les

---

(1) *Répertoire d'optique*, par M. l'abbé Moigno, page 1090.

liquides peuvent, dans ce cas, transmettre le courant sans se décomposer ou éprouver la décomposition polaire ; ils peuvent éprouver une augmentation de température.

2°. Décharge lumineuse ou courant avec étincelle. Dans ces circonstances, l'étincelle est une portion entière du conducteur échauffé jusqu'à l'ignition. Si ce conducteur est liquide et composé, il éprouvera en général la décomposition photo-électrique.

3°. Courant avec aigrette et feu électrique aux pôles. Ce phénomène se manifeste lorsque le courant s'échappant par une pointe pour se diffuser ensuite, ne peut élever à l'ignition qu'une portion du diélectrique, parce qu'au delà d'une certaine limite les courants divergents ne possèdent plus assez d'énergie pour échauffer le liquide et produire la décomposition calorifique, qui a principalement lieu sur tout le trajet de la lumière.

Il est possible que des décharges entièrement obscures produisent, dans certains liquides, la séparation complète des éléments, et qu'au delà de l'étincelle, dans les expériences ordinaires, il y ait une partie du conducteur qui éprouve la décomposition polaire : l'extrémité de l'étincelle, ou un point situé un peu plus loin, servirait de pôle, et les produits de décomposition polaire se mêleraient aux produits de l'étincelle lumineuse. Je ne puis rien préciser sur ce sujet important et qui est lié à une théorie complète des actions chimiques des courants.

327. Les lois de M. Faraday sur les équivalents électriques résisteront, je n'en doute pas, aux attaques dont elles ont été l'objet. L'illustre physicien n'ignorait pas les faits qu'on a récemment invoqués contre leur exactitude.

On peut ramener à deux les causes qui peuvent modifier le fait fondamental de la décomposition par les courants.

La première est l'affinité chimique ou la résistance inégale que les diverses substances opposent à la décomposition électrolytique.

La seconde sera la conductibilité propre des liquides.

Dans le premier cas, les composés absorbent peu à peu et jusqu'à décomposition des quantités inégales d'action électrique ; mais une fois le régime établi et la séparation des éléments commencée, les rapports des quantités décomposées sont constants et définis.

Comme la décomposition chimique est un travail qui absorbe une quantité équivalente de travail électrique, il faut bien admettre que l'électricité qui forme le courant a traversé le liquide sans le décomposer.

328. Si la section des conducteurs liquides est tellement limitée, qu'en tous ses points l'intensité du courant est la même, la loi de M. Faraday est exacte ; mais si la surface des pôles et la section des liquides sont assez grandes pour qu'il n'y ait plus égalité d'action sur tous les points, la loi de Faraday peut être en défaut, et cela paraît démontré par les expériences de M. Matteucci.

Les anciennes expériences de Berzelius (1) sur le mouvement de l'électricité dans les conducteurs de différentes formes, les explications qu'en a données Ampère, et les travaux plus récents de MM. Kirchkoff et Smaasen sont très-favorables à l'opinion de M. Matteucci. Il est possible, dit ce physicien, qu'un même liquide placé dans deux tubes, un très-étroit et l'autre très-large, soit décomposé dans le premier et non dans le second, dans lequel chaque filet doit avoir une intensité moindre, la source restant constante.

On conçoit qu'en prenant pour pôles de décomposition, dans une colonne liquide à large section, un fil et une lame, les courants centraux pourront avoir une énergie suffisante pour décomposer ; tandis que les courants divergents, affaiblis par une plus grande résistance, traverseront le liquide sans le décomposer.

329. M. A.-J. Angström a publié dans les *Annales de Poggendorff*, n°s 1 et 2, 1855, des essais d'optique qui con-

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, tome VI, page 113.

tiennent des expériences sur les spectres électriques. Les différences qui existent entre quelques-uns des résultats obtenus par le physicien allemand et les miens doivent être attribuées à la disposition de son appareil, qui ne me paraît pas convenable pour produire des spectres bien purs et assez intenses.

En suivant la marche et les procédés que j'ai indiqués, j'aurai, je l'espère, la satisfaction de voir M. Angström adopter non plus une partie, mais toutes mes opinions sur la cause de la lumière électrique et des raies brillantes.

Résumé et conclusions générales.

330. Les expériences que j'ai entreprises sur la conductibilité des liquides et des gaz, la détermination des intensités lumineuses de l'étincelle dans différents milieux, qui feront l'objet d'un autre Mémoire, ne pouvant modifier les faits que j'ai établis dans ce travail, je les résumerai afin de bien préciser les questions que je crois avoir résolues, et ne laisser aucune incertitude dans les discussions qu'elles pourront soulever.

1°. Les spectres de la lumière électrique sont sillonnés de raies brillantes, quel que soit le milieu liquide ou gazeux qui est le siége de l'étincelle, quand il y a transport de la matière des pôles. Dans les liquides, on peut obtenir des spectres sans raies brillantes.

2°. La position, le nombre et l'éclat des raies brillantes dépendent de la nature des pôles; elles sont indépendantes de la nature des milieux, de la source électrique et de la pression des gaz.

3°. Les liquides et les gaz ont une conductibilité propre.

4°. L'oxydation des métaux et la combustion des parties arrachées aux pôles par le courant ne sont pas les causes des raies brillantes.

5°. La vaporisation des métaux qui forment les pôles de l'étincelle augmente la conductibilité du circuit et l'in-

tensité de l'étincelle, sans changer la constitution du spectre.

6°. Le petit nombre de raies brillantes qu'on observe dans le spectre de l'étincelle voltaïque, comparé au grand nombre des mêmes raies dans les autres spectres électriques, doit être attribué à la faible intensité de l'arc lumineux et au peu de tension de l'étincelle.

7°. L'étincelle électrique est la radiation lumineuse d'une portion de conducteur solide, liquide ou gazeux, échauffé jusqu'à l'ignition par un courant électrique quelconque.

8°. Les raies brillantes des spectres électriques sont produites par l'incandescence des particules pondérables arrachées aux pôles et transportées par le courant. Les corps solides, échauffés jusqu'à l'ignition par des courants, ne donnent pas de raies brillantes (1). Dans certains cas, les liquides se comportent comme des solides.

Les différentes intensités des raies brillantes tiennent à des aptitudes de la matière à vibrer de préférence certaines ondulations lumineuses.

Le phénomène des raies brillantes est un cas particulier de la phosphorescence.

9°. L'étincelle électrique possède une température très-élevée. Certains effets mécaniques de l'étincelle doivent être considérés comme des effets calorifiques.

10°. L'action chimique des courants se manifeste de deux manières : elle est polaire ou photo-électrique.

Dans le premier cas, les produits différents se rendent aux deux pôles.

Dans le second cas, l'étincelle électrique produit à chaque pôle, et en tous ses points, la décomposition complète. Ce mode d'action est indépendant de la source électrique et de la forme de l'étincelle qui peut affecter les disposi-

---

(1) *Études de photométrie électrique*, n° 165.

tions suivantes : étincelle ordinaire, aigrette, feu électrique, pointe lumineuse.

Les actions chimiques de l'étincelle et de la chaleur me paraissent identiques, ce qui établit un nouveau lien entre le calorique et l'électricité.

11°. Deux courants électriques opposés peuvent coexister dans un même circuit.

MÉMOIRE SUR LES ALLIAGES;

PAR MM. F. CRACE CALVERT ET RICHARD JOHNSON.

Peu de questions en chimie ont été aussi peu étudiées que celle des alliages, et cependant quand on réfléchit aux services importants qu'ils rendent aux arts et à l'industrie, on arrive à la conclusion que tous les renseignements qui peuvent éclairer sur leur composition et leurs propriétés, doivent faire aussi ressortir leur valeur et leurs applications.

Jusqu'à présent, les alliages ont été produits d'après des recettes arbitraires et non fondées sur la loi des combinaisons chimiques. Il nous a paru probable que, puisque tous les composés chimiques résultent de la combinaison de leurs éléments en proportions définies, il doit en être de même pour les métaux sur lesquels on opère dans les circonstances favorables à leurs combinaisons mutuelles. Si, dans des circonstances ordinaires, des composés définis ne sont pas produits, c'est à cause de l'excès d'un ou plusieurs métaux qui entrent dans la composition de l'alliage, et de la solidification dans la masse de cet excès du vrai composé défini; c'est ce qui a lieu dans la fusion simultanée du bismuth et du soufre dans un creuset : quand on laisse le mélange refroidir, on sait que les cristaux de bismuth ou de soufre se trouvent englobés dans l'excès de bismuth ou de soufre

ou cristalliser. Nous avons donc été amenés à croire
nant des alliages d'une composition définie, nous
ns à trouver le moyen de les faire à meilleur
meilleure qualité. Car il ne peut y avoir de
égularité qui caractérise les qualités des al-
erciaux ne soit due non-seulement à la présence
s de l'un des métaux, mais encore à la combinai-
e cet excès avec un alliage défini dont la décomposition
trouve par suite modifiée. Ainsi, si c'est un métal très-fusible qui est en excès, il reste liquide plus longtemps, se combine aux dernières portions de l'alliage véritable, et forme un nouvel alliage dont la composition diffère de celui qui s'est produit en premier lieu au pourtour de la masse. Si, au contraire, c'est un métal moins fusible qui est en excès, il se solidifie avant l'alliage prédominant dans la masse fondue, et s'oppose à son homogénéité. C'est pour prévenir cet inconvénient sérieux qu'aujourd'hui les canons de bronze sont refroidis aussi vite que possible après la coulée, ce qui assure l'uniformité de la masse, et le résultat en est qu'au lieu d'avoir une pièce défectueuse sur trois, comme autrefois, on n'en a plus qu'une sur dix.

Avant d'entrer dans le détail de nos recherches, nous devons mentionner que MM. Lovel, Rieffel et Joule ont publié pendant la durée de nos expériences des Mémoires sur quelques alliages et amalgames ayant des compositions définies.

Les alliages d'or et d'argent, d'or et cuivre, d'argent et plomb, analysés par M. Lovel, sont très-intéressants, et beaucoup d'entre eux, sans aucun doute, ont une composition chimique bien définie; car leurs équivalents respectifs sont représentés par un chiffre assez bas. Quant à ceux analysés par M. Rieffel, nous doutons que ce soient des combinaisons réelles, car quelques-uns d'entre eux sont ainsi composés :

1 équivalent de cuivre;
48 équivalents d'étain;

ou

98 équivalents de cuivre;
1 équivalent d'étain.

Notre but n'est pas d'examiner quelques cas isolés, ou même les alliages répandus dans le commerce actuel, mais de faire connaître une grande variété de nouveaux alliages à proportions définies, et d'examiner leurs propriétés chimiques et physiques, etc.

La première classe d'alliages que nous avons à décrire n'est pas seulement tout à fait nouvelle, mais encore elle est très-intéressante, parce qu'elle renferme les premiers alliages contenant du fer en proportions définies. Il est certainement remarquable, vu le bon marché de ce métal, qu'on n'ait pas encore essayé de l'allier à d'autres métaux plus chers, tels que le cuivre, l'étain, etc., pour produire des alliages commerciaux à meilleur marché que ceux employés jusqu'ici.

Notre premier objet en préparant ces alliages de fer a été de rendre ce dernier métal moins oxydable, en le combinant à un métal plus électropositif que lui: nous étions convaincus que ce moyen serait le plus praticable pour diminuer la détérioration que le fer subit dans l'air; mais nous avons été déçus, car l'affinité du fer pour l'oxygène est telle, que nous n'avons pu parvenir à la diminuer que dans un ou deux cas en l'alliant au potassium ou à l'aluminium.

Alliages de fer et potassium.

Le premier essai que nous avons fait consistait à chauffer à une haute température un mélange de fer et de bitartrate de potasse en excès. Le résultat était une simple masse de carbonate de potasse fondue avec un culot de fer, probablement parce que le fer étant dans un grand état de division

s'était uni d'abord avec le carbone et ne pouvait plus alors s'allier au potassium.

Nous fîmes ensuite un mélange de limaille de fer et de bitartrate de potasse dans les proportions suivantes :

12 équivalents de fer;
8 équivalents de bitartrate de potasse.

Ce qui devait produire, selon nous, un alliage analogue au sesquioxyde en composition, et après avoir exposé ce mélange à une haute température dans un creuset, nous avons trouvé un culot dont l'analyse a donné la composition suivante :

Fer	74,60
Potassium	25,40
	100,00

Ces chiffres conduisent à la formule

	Équivalents.	Centièmes.
4 Fe	112	74,17
1 K	39	25,83
	151	100,00

Ainsi, au lieu d'obtenir un alliage ayant les proportions définies que nous avions employées, nous avons eu un alliage contenant beaucoup plus de fer. Cet alliage avait toute l'apparence du fer malléable; on pouvait le forger et le souder. Mais ce qui était le plus extraordinaire et nous surprit le plus, était son extrême dureté; car le marteau paraissait avoir très-peu d'action sur lui. La lime pouvait à peine le mordre; et, chose non moins intéressante, quoique l'alliage contînt 25 pour 100 de potassium, l'un des corps les plus électropositifs, le fer, était oxydé rapidement par l'air et dans l'eau. Il est certainement très-regrettable qu'il en soit ainsi; car, si en alliant au fer un métal plus électropositif que lui, nous avions réussi à obtenir un alliage de fer inoxydable, nous aurions découvert un fait extrême-

ment utile à l'industrie, et qui a été l'objet de bien des investigations de la part de ceux qui y sont intéressés.

Nous avons fait un autre essai avec les mêmes proportions de crème de tartre et de fer; seulement nous avons ajouté du charbon de bois en poudre fine, et nous sommes arrivés aux résultats suivants :

Fer..............	81,42
Potassium.........	18,58
	100,00

qui correspondent à la formule

	Équivalents.	Centièmes.
6 Fe...	168	81,16
1 K.........	39	18,84
	207	100,00

Nous avons des raisons de croire que cet alliage contient un excès de fer, car sa surface présentait une couche de fonte légère, et quoique nous l'ayons séparée avec le plus grand soin au moyen de la lime, il n'y a pas de doute qu'une portion de cette couche est restée mêlée avec la masse totale de l'alliage.

Cet alliage présentant les mêmes proportions que le premier, nous n'ajouterons aucun détail à son sujet.

Dans le but d'obtenir cet alliage par un procédé plus économique, si c'est possible, nous avons exposé pendant plusieurs heures à une très-haute température un mélange de limaille de fer et d'une quantité de carbonate de potasse contenant autant de potassium que la crème de tartre employée dans les expériences précédentes, c'est-à-dire

Fer..........	437
CO^2KO.......	324

et nous n'avons eu aucun résultat.

Alliages de fer et d'aluminium.

Nous avons été amenés à faire beaucoup d'expériences pour produire ce nouvel alliage par les remarquables propriétés que M. Sainte-Claire Deville a découvertes dans l'aluminium, et surtout par l'espérance que ses alliages non-seulement posséderaient des propriétés curieuses et utiles, mais encore nous permettraient d'obtenir l'aluminium à meilleur compte que par les procédés actuels.

Sans décrire tous les essais infructueux auxquels nous nous sommes livrés, nous bornerons nos détails à ceux qui ont donné des résultats satisfaisants. Le premier alliage d'aluminium et de fer que nous ayons obtenu, a été produit en chauffant à blanc pendant deux heures le mélange suivant :

8 équivalents de chlorure d'aluminium..	396
40 équivalents de fine limaille de fer....	1120
8 équivalents de chaux...	224

La chaux avait pour but d'enlever le chlore au chlorure d'aluminium, et de libérer ce métal en formant un chlorure de calcium fusible. Nous aurions dû obtenir un alliage composé de

		Centièmes
1 équivalent d'aluminium....	14	9,09
5 équivalents de fer...	140	90,91
	154	100,00

tandis que nous avons trouvé au fond de notre creuset un culot composé, en centièmes, de

Aluminium.............	12
Fer..................	88
	100

qui correspond à la formule suivante :

	Centièmes.
Al.	11,11
4 Fe.	88,89
	100,00

On peut remarquer que cet alliage offre la même composition que l'un des alliages de fer et potassium ; comme lui, il est extrêmement dur et se rouille à l'air humide; il peut également être forgé et se soude à lui-même. Nous avons obtenu un alliage semblable en ajoutant au mélange ci-dessus du charbon de bois en poudre fine, et exposant le tout à la haute température d'un fourneau de forge. L'alliage obtenu présentait la composition suivante :

Aluminium........	87,91
Fer..............	12,09
	100,00

Mais dans la masse de chlorure de calcium et de charbon restant dans le creuset, il y avait un grand nombre de petits culots de la grandeur d'un pois et aussi de grandeur moindre. Ces petits globules étaient aussi blancs que l'argent, extrêmement durs, et, ce qui était le plus intéressant, possédaient la propriété de ne pas se rouiller à l'air humide, ou même en présence des vapeurs rutilantes de l'acide hyponitrique. L'analyse a donné pour ces globules :

Aluminium........	24,55
Fer..............	75,45
	100,00

Ce qui correspond à la formule suivante :

		Centièmes.
2 Al..........	28	25,00
3 Fe.	84	75,00
		100,00

Donc cet alliage a la même composition que l'alumine, dont l'oxygène est remplacé par le fer.

En exposant ces globules au contact de l'acide sulfurique faible, le fer a été dissous et l'aluminium est resté; toutefois la forme était conservée, et l'aluminium ainsi obtenu

présentait toutes les propriétés que l'on reconnaît à ce curieux métal.

Nous faisons des essais avec le mélange qui suit; mais quoique nous ayons déjà des résultats, nous ne pensons pas qu'ils doivent figurer dans ce Mémoire qui est le premier d'une série que nous publierons sur les alliages :

Kaolin..................	1750 parties.
Chlorure de sodium.......	1200 parties.
Fer....................	875 parties.

Ce mélange a donné un culot métallique et des globules disséminés dans la masse fondue.

Alliages d'aluminium et de cuivre.

Pour obtenir ces alliages, nous avons recours à la même réaction chimique que celle que nous avons employée pour ceux de fer. Ainsi nous avons pris :

20 équivalents de cuivre.	640
8 équival. de chlorure d'aluminium.	1076
10 équivalents de chaux...........	280

Après avoir fait un mélange bien intime, nous l'avons soumis pendant une heure à une haute température, et nous avons trouvé au fond du creuset une masse fondue recouverte de chlorure de cuivre, et dans cette masse de petits globules dont l'analyse a fourni la composition suivante :

Cuivre..............	91,53
Aluminium..........	8,47
	100,00

correspondant à la formule

		Centièmes.
5 Cu............	160	91,96
Al.............	14	8,14
	174	100,00

Nous avons fait un autre mélange de chlorure d'alu-

minium et de cuivre dans les proportions ci-dessus, nous passant de CaO; et nous avons eu un alliage composé de

Cuivre............	87,18
Aluminium..........	12,82
	100,00

ou

		Centièmes.
3Cu........	96	86,49
Al.........	14	13,51
	110	100,00

Alliages de fer et zinc.

Nous avons analysé le dépôt qui se forme constamment au fond d'un bain métallique composé de zinc et d'étain, et employé à la galvanisation du fer. Nous lui avons trouvé la composition suivante :

Fer............	6,06
Zinc...........	93,94
	100,00

qui correspond à la formule

		Centièmes.
Fe.........	28	6,79
12Zn.........	384	93,21
		100,00

Cet alliage ne possède pas l'apparence lamelleuse du zinc; mais il a une texture cristalline, est très-dur et peu fusible. Nous pensions que peut-être le bain était saturé de fer qui se combinant au zinc formait peu à peu ce dépôt. En conséquence, nous prîmes des échantillons du bain métallique de zinc et d'étain à différentes profondeurs et nous n'y trouvâmes que des traces de fer.

Il est certainement remarquable que le fer ne reste pas mélangé au bain métallique qui est constamment maintenu à l'état liquide, mais plutôt se combine en proportions dé-

finies au zinc pour former un composé cristallin, et se dépose à une température de 426 degrés centigrades.

Ce fait nous conduisit à l'examen du bain métallique même qui par ses grandes dimensions nous a donné l'occasion de constater des faits très-intéressants. Ainsi, en employant des proportions définies de zinc et d'étain pour former ce bain, nous nous sommes demandé si la masse de ce bain aurait une composition homogène, ou changerait avec la profondeur. Le bain que nous avions à notre disposition avait 2 $\frac{1}{2}$ pieds anglais de largeur sur 10 de longueur et 3 $\frac{1}{2}$ de profondeur. Il contenait un poids total de quatorze tonnes de zinc et étain fondus ensemble.

Comme le composé défini de fer et zinc se trouvait en grandes quantités au fond du bain métallique, nous avons, pour saisir nos échantillons, employé un tube de fer forgé, composé de deux sections longitudinales, munies de rebords dans le sens de la longueur, et s'ajustant parfaitement au moyen de vis.

Ce tube avait un robinet ajusté à la partie supérieure de manière à être *parfaitement* étanche, quand il était fermé. On plongeait le tube dans le bain métallique, et lorsqu'il était arrivé à une certaine profondeur, on laissait entrer un peu de métal en fusion en ouvrant un peu le robinet et ensuite le refermant. De cette manière, nous avons obtenu les échantillons suivants : un à la partie supérieure du bain, un à une profondeur de 21 à 24 pouces, et un au fond. Par l'analyse, nous leur avons reconnu la composition suivante :

	Partie supér.	Milieu.	Fond.
Zinc.	81,48	87,72	90,04
Étain . . .	13,60	10,03	8,64
Plomb. . . .	4,72	2,25	1,32
	100,00	100,00	100,00

Ces chiffres montrent clairement que le bain métallique

de zinc et d'étain (car la présence du plomb provient de l'impureté du zinc) a une composition différente à différentes profondeurs, et que l'affinité chimique ne peut étendre sa puissance jusqu'à maintenir la régularité de composition dans toute la masse. Il est aussi curieux d'observer que les métaux les plus lourds, l'étain et le plomb, se trouvent en plus grandes proportions à la partie supérieure du bain qu'à la partie inférieure. Toutefois nous n'essayerons pas d'expliquer cette curieuse anomalie avant d'avoir plus de données.

Il y a aussi un fait digne de remarque : c'est que, si nous retranchons le plomb des analyses dont nous venons de donner les chiffres en centièmes, et que nous calculions en centièmes les quantités de zinc et d'étain, nous trouvons des chiffres correspondant à des composés définis d'étain et de zinc, c'est-à-dire à des alliages dont la composition peut être représentée par des équivalents :

		Trouvé.	Calculé.	Formule.
Partie supérieure.	Étain....	14,30	13,89	Sn
	Zinc.....	85,70	86,11	11 Zn
Milieu....	Étain....	10,26	9,98	Sn
	Zinc.....	89,74	90,02	16 Zn
Fonds....	Étain....	8,76	8,54	Sn
	Zinc.....	91,24	91,46	19 Zn

Quoique ces chiffres donnés par l'analyse correspondent à 100 du calcul, nous hésitons cependant encore à dire que les métaux composant le bain métallique s'y trouvent à l'état de combinaison définie, car le chiffre du zinc comparé à celui de l'étain nous semble bien élevé.

Notre but étant de préparer des alliages à meilleur marché que ceux actuellement employés, tels que le laiton et le bronze dans lesquels le cuivre est le métal dominant, nous en avons préparé quelques-uns de composition définie, où le zinc devient le métal dominant.

Pour les obtenir, nous avons fondu de l'étain et y avons ajouté graduellement le zinc, ou du zinc et du plomb, et nous avons versé ce mélange dans une masse de cuivre en fusion, agitant le mélange bien convenablement, et nous avons coulé le tout en barres; nous avons eu pour résultat les trois alliages suivants :

		Analysé.	Calculé.
N° I.	6 Zn........	68,32	68,55
	Sn.........	20,62	20,34
	Cu.........	11,06	11,11
		100,00	100,00
N° II.	10 Zn........	62,64	62,85
	Sn........	11,32	11,18
	Pb........	19,94	19,86
	Cu........	6,10	6,11
		100,00	100,00
N° III.	20 Zn........	69,56	69,77
	2 Sn........	12,58	12,41
	Pb.........	11,06	11,04
	Cu.........	6,80	6,78
		100,00	100,00

Alliages de cuivre.

Nous avons également préparé une série d'alliages où le cuivre prédomine; le procédé employé était le même que le précédent, et nous avons obtenu les alliages dont la composition suit :

		Analysé.	Calculé.
N° I.	4 Cu......	56,25	56,45
	3 Zn......	43,75	43,55
		100,00	100,00
N° II.	18 Cu......	86,29	87,05
	Zn......	4,93	5,07
	Sn......	8,78	7,88
		100,00	100,00

Le premier de ces cinq alliages, ou un alliage dont la composition est très-rapprochée de la sienne, existe déjà dans le commerce, et a été analysé par M. Rieffel.

Le second a été introduit dernièrement dans l'industrie, et est très-estimé par les fabricants de locomotives pour son extrême dureté.

Le troisième alliage n'est pas encore livré au commerce; mais nous pensons, d'après ses propriétés physiques, qu'il remplacera le deuxième dans beaucoup de ses applications principales; et s'il en est ainsi, ce sera un avantage, car il est beaucoup moins dispendieux.

Nous avons voulu essayer l'action des acides sur ces divers alliages : car, s'ils sont simplement des mélanges de métaux, il n'y a pas de motif pour que les métaux qui les composent ne soient pas attaqués de la même manière que chacun d'eux le serait à l'état isolé; tandis que, s'ils sont réellement en combinaison chimique, l'action des acides doit être plus ou moins modifiée. Le résultat a corroboré notre raisonnement, et nous espérons l'année prochaine avoir complété suffisamment nos recherches pour en présenter le Mémoire à l'Académie.

Action de l'acide chlorhydrique concentré (contact maintenu pendant deux heures).

Composition des alliages soumis à l'épreuve de Cl H.			Perte éprouvée estimée en centièmes.	Action de Cl H sur chacun des métaux pris isolément.
N° I.	18 Cu.	86,29		Cuivre, légère action.
	Zn.	4,93	0,18	Zinc, très-violente.
	Sn.	8,78		Étain, très-violente.
N° II.	10 Cu.	77,77		
	Zn.	14,23	0,12	
	Sn.	8,00		
N° III.	4 Cu.	56,45	0,2	
	3 Zn.	43,55		

Ainsi ces alliages sont moins attaquables que chacun des

métaux qui les composent; et il est surtout remarquable que ce soit l'alliage n° III, qui contient presque 50 pour 100 de zinc, qui soit le moins attaqué. Cette inertie d'un acide dont l'action est très-puissante sur les divers métaux de l'alliage, est d'autant plus curieuse qu'elle paraît générale, comme on peut s'en assurer en consultant les résultats suivants obtenus par l'acide sulfurique à 1,60.

			Perte.	Action de l'ac. sulfurique sur :
N° I.	18 Cu....	86,29		Étain, légère action.
	Zn...	4,93	0,00	Cuivre, légère action.
	Sn....	8,78		Zinc, très-violente.
N° II.	10 Cu....	77,77		
	Zn...	14,23	0,00	
	Sn....	8,00		
N° III.	4 Cu....	56,45	0,00	
	3 Zn....	43,55		

Action de l'acide nitrique (Densité 1,100.)

				Action de l'acide nitrique sur :
N° I.	18 Cu..	86,29		Cuivre, très-violente.
	Zn..	4,93	0,02	Étain, très-violente.
	Sn..	8,78		Zinc, très-violente.
N° II.	10 Cu..	77,77		
	Zn..	14,23	0,6	
	Sn..	8,00		
N° III.	4 Cu..	56,45	0,03	
	3 Zn..	43,55		

Ces derniers résultats confirment complétement nos idées, savoir, que les alliages d'une composition définie résistent à l'action des acides de la manière la plus extraordinaire, puisque nous avons formé des alliages dont chacun des éléments est violemment attaqué par l'acide nitrique, et cependant chacun de ces alliages perd une quantité insignifiante de son poids par l'action de cet acide.

Nous espérons l'année prochaine présenter à l'Académie le résultat de nos travaux, qui consisteront non-seulement

dans l'examen comparatif de la ténacité, dureté, etc., de certains alliages avec celles de leurs éléments respectifs, mais encore de l'influence que 1, 2 et 3 équivalents d'un métal entrant dans la composition d'un alliage peut avoir sur les propriétés physiques et chimiques de cet alliage.

SUR LA TRANSFORMATION DU TOLUÈNE EN ALCOOL BENZOIQUE ET EN ACIDE TOLUIQUE;

PAR STANISLAS CANIZZARO,
Professeur de Chimie au Collége d'Alexandrie (Piémont).

Quelques chimistes considèrent les hydrocarbures homologues à l'acétène $C^n H^{n+2}$ comme les points de départ des séries alcooliques, et comme les anneaux qui réunissent une série à l'autre. Pour rendre cette idée plus féconde, il fallait démontrer que, au moyen de chacun de ces hydrocarbures, on pouvait obtenir l'alcool correspondant et l'acide supérieur. Il fallait, par exemple, transformer l'acétène, d'un côté en alcool méthylique, et de l'autre en acide acétique. La question aurait été résolue si l'on eût pu démontrer l'identité de l'acétène monochloré avec le chlorure de méthyle, parce que, au moyen de ce chlorure, on aurait pu obtenir, d'un côté l'alcool méthyle, de l'autre le cyanure de méthyle, qu'on doit considérer comme l'acétène monocyanuré, et dont on connaît la transformation en acide acétique.

On a cru pendant longtemps à l'identité de l'acétène monochloré avec le chlorure de méthyle, sans aucune démonstration expérimentale; mais, dans ces derniers temps, on a mis en doute cette identité, et jusqu'à présent, dans aucun cas, on n'a pas réalisé la transformation d'un hydrocarbure $C^n H^{n+2}$, ni en alcool, ni en acide $C^n H^n O^4$.

Ayant étudié l'alcool benzoïque, et ayant observé les nombreuses analogies qu'a cet alcool d'une nouvelle classe

avec les alcools $C^n H^{n+2} O^2$, je me suis fait les questions suivantes :

Le toluène étant à l'alcool benzoïque et à l'acide toluique ce que l'acétène est à l'alcool méthylique et à l'acide acétique, le toluène monochloré est-il identique à l'éther benzhydrochlorique? Peut-on réaliser la tranformation du toluène en alcool benzoïque et en acide toluique?

J'ai résolu ces questions affirmativement. En partant du toluène, j'ai préparé l'alcool benzoïque identique à celui qu'on prépare par l'action de l'hydrate de potasse sur l'essence d'amandes amères, et un acide qui a la formule de l'acide toluique.

Ces résultats me font espérer qu'au moyen des autres hydrocarbures homologues au benzène je pourrai obtenir les autres alcools et les autres acides homologues, et ainsi remplir les nombreuses lacunes qui existent dans toutes ces séries.

Voici quelques détails sur mes expériences.

Le toluène que j'ai employé a été préparé par la benzine du commerce. Pour la distillation fractionnée, j'emploie un appareil semblable à celui que M. Wurtz a employé pour la préparation de l'alcool butylique. Je recueille les portions qui passent entre 108 et 115 degrés. Pour l'usage que j'en faisais, une plus exacte dépuration était inutile. Pour transformer le toluène en toluène monochloré, je le distille dans un courant de chlore sec; je recueille à part les derniers produits plus denses que l'eau, et je répète le même traitement sur les premiers produits plus légers que l'eau. Je lave le liquide obtenu avec de l'eau et avec une solution concentrée de potasse caustique; je le dessèche sur le chlorure de calcium, et je le distille. Je recueille les portions qui passent entre 170 et 180 degrés; je soumets ce liquide à plusieurs rectifications, en recueillant comme produit sensiblement pur ce qui distille entre 175 et 176 degrés.

Le toluène monochloré ainsi obtenu est identique au chlorure de benzéthyle préparé en faisant passer un courant d'acide chlorhydrique sec sur l'alcool benzoïque. La dépuration complète tant du toluène monochloré que de l'éther benzhydrochlorique présente des difficultés, parce qu'ils se décomposent en petite partie par la distillation en dégageant de l'acide chlorhydrique. Cela m'explique pourquoi, dans l'étude comparative de leurs caractères physiques, souvent je n'ai pas pu obtenir cette parfaite coïncidence que je désirais.

Je m'en suis approché en distillant l'un et l'autre dans le vide et en examinant les produits intermédiaires.

Le toluène monochloré soumis à l'analyse m'a donné les résultats suivants :

I. $0^{gr},392$ de matière ont donné 0,204 d'eau et 0,946 d'acide carbonique.

II. $0^{gr},3615$ ont donné 0,183 d'eau et 0,874 d'acide carbonique.

Ces résultats, traduits en centièmes, donnent :

Ca.	I.	II.	Théorie.	
Carbone....	65,74	66,02	C^{14}...	66,42,
Hydrogène..	5,77	5,67	H^7. .	5,53.
			Ch	

Sa densité, à 0 degré, est 1,117; la plus grande partie distille entre 175 et 176 degrés. Le chlorure de benzéthyle, préparé par l'alcool benzoïque, distille pour la plus grande partie à la même température. J'ai déterminé la densité à 0 degré de deux portions de cet éther provenant des différentes préparations, et j'ai obtenu les nombres suivants: 1,1136 pour l'un, 1,1179 pour l'autre. Il n'y a donc aucune différence constante entre les caractères physiques du toluène monochloré et du chlorure de benzéthyle.

Mais ce qui démontre leur identité, mieux que la com-

paraison de leurs propriétés physiques, est l'identité des produits qu'ils donnent dans les mêmes conditions.

L'un et l'autre, avec une solution alcoolique de potasse, donnent du chlorure de potassium et un éther mixte $\left\{ \begin{matrix} C^4\ H^5 \\ C^{14}\ H^7 \end{matrix} \right\} O^2$ oxyde double d'éthyle et de benzéthyle.

On peut distiller l'un et l'autre sur la potasse caustique sans les altérer sensiblement.

Avec l'acétate de potasse, ils donnent l'acétate de benzéthyle; et, avec le cyanure de potassium, le cyanure de benzéthyle.

C'est au moyen de ces deux dernières réactions que j'ai préparé l'alcool benzoïque et l'acide toluique en partant du toluène.

Pour transformer le toluène monochloré en alcool benzoïque, j'ai employé le procédé suivant.

On a fait bouillir pendant deux ou trois heures le toluène monochloré avec une solution alcoolique concentrée d'acétate de potasse dans un ballon, qui se trouve en rapport avec un réfrigérant de Liebig, incliné de telle manière que les produits qui s'y condensent refluent sans cesse dans le ballon.

On a filtré le liquide refroidi pour en séparer le chlorure de potassium, et on l'a remis à bouillir pour s'assurer qu'il ne se formait plus de ce dernier sel. Alors on a distillé, au bain-marie, la plus grande partie de l'alcool; le liquide resté s'est séparé en deux couches; on a distillé la couche supérieure. Ce qui passe à 210 degrés est l'acétate de benzéthyle.

L'acétate de benzéthyle ainsi obtenu a été soumis à une longue ébullition avec une solution alcoolique concentrée de potasse; on a distillé au bain-marie la plus grande partie de l'alcool; le liquide restant s'est séparé en deux couches. La couche supérieure contenait l'alcool benzoïque. On l'a distillé en recueillant ce qui bout à 204 degrés. On l'a rec-

tifié deux fois. Le produit ainsi obtenu est une huile plus dense que l'eau, et qui distille à 204 degrés.

Soumise à l'analyse, elle m'a donné les résultats suivants :

I. $0^{gr},281$ de matière ont donné 0,1985 d'eau et 0,799 d'acide carbonique.

II. 0,3015 de matière ont donné 0,206 d'eau et 0,855 d'acide carbonique.

III. $0^{gr},337$ de matière ont donné 0,228 d'eau et 0,959 d'acide carbonique.

IV. $0^{gr},468$ de matière ont donné 0,316 d'eau et 1,327 d'acide carbonique.

Ces résultats, traduits en centièmes, donnent :

	I.	II.	III.	IV.
Carbone.....	77,54	77,34	77,60	77,32
Hydrogène...	7,84	7,58	7,50	7,49

nombres qui s'accordent avec la formule

C^{14}..................	77,77
H^{8}..................	7,40
O^{2}..................	14,83
	100,00

L'alcool benzoïque ainsi préparé, chauffé avec de l'acide nitrique étendu d'environ 10 volumes d'eau, se transforme en essence d'amandes amères. J'ai traité cette essence avec une solution de bisulfite de soude, et j'ai obtenu le composé cristallisé décrit par M. Bertagnini. J'ai décomposé cette combinaison avec du carbonate de potasse, et j'ai obtenu l'essence avec tous ses caractères. Il ne reste donc aucun doute sur l'identité de l'alcool benzoïque obtenu par le toluène, avec celui qu'on obtient par l'essence d'amandes amères.

Pour transformer le toluène monochloré en acide toluique, j'emploie le procédé suivant.

Je fais bouillir le toluène monochloré avec une solution alcoolique concentrée de cyanure de potassium. Je filtre pour séparer le chlorure de potassium formé, et je m'assure, par une nouvelle ébullition, qu'il ne se dépose plus de nouveau chlorure. Je distille alors la plus grande partie de l'alcool. Le liquide restant se sépare en deux couches; la supérieure contient le cyanure de benzéthyle. Je le soumets à une longue ébullition avec une solution concentrée de potasse caustique, jusqu'à ce qu'il soit tout dissous et qu'il ne se dégage plus d'ammoniaque. Alors j'ajoute de l'eau au liquide, qui devient un peu trouble; je le filtre, et je le concentre un peu. Je précipite l'acide toluique par l'acide chlorhydrique, et je le sépare par l'éther, qui le dissout rapidement. En évaporant la solution dans l'éther, on obtient pour résidu l'acide impur. Pour le dépurer, je le dissous dans l'eau de baryte, je précipite l'excès de baryte par l'acide carbonique. De la solution filtrée et concentrée, je précipite l'acide toluique, que je sépare en agitant le liquide avec de l'éther et en évaporant la solution éthérée. Quand le produit était encore jaunâtre, je répétais le même traitement. Enfin je l'ai fait cristalliser par refroidissement dans l'eau plusieurs fois. Je l'ai obtenu ainsi cristallisé en aiguilles blanches ou en petites lames nacrées. Il fond à une température inférieure à 100 degrés; à une température élevée, il distille sans décomposition appréciable. On ne peut pas le sublimer comme l'acide benzoïque et l'acide toluique préparé par le cymène, parce que, en fondant à une température très-distante du point d'ébullition, il retombe liquide bien avant de cristalliser. Ses vapeurs sont aussi âcres que celles de l'acide benzoïque. Il est soluble dans l'eau froide, et plus soluble dans l'eau chaude; la solution rougit le tournesol; il est fort soluble dans l'éther.

On obtient le sel d'argent en précipitant par le nitrate d'argent le sel de baryte; il se dépose sous la forme d'un

précipité blanc et caillebotté; il est soluble dans l'eau et s'en dépose en grande partie par le refroidissement.

Les divers échantillons provenant de différentes préparations soumises à l'analyse m'ont donné les résultats suivants :

I. 0^{gr},446 de matière préparée par la méthode décrite avec le chlorure benzéthyle provenant de l'alcool benzoïque ont donné 0,227 d'eau et 1,160 d'acide carbonique.

II. 0^{gr},325 de la même matière après une nouvelle cristallisation ont donné 0,182 d'eau et 0,839 d'acide carbonique.

III. 0^{gr},256 de matière préparée avec le toluène monochloré ont donné 0,141 d'eau et 0,668 d'acide carbonique.

IV. 0^{gr},332 de la même matière après une nouvelle cristallisation ont donné 0,179 d'eau et 0,862 d'acide carbonique.

Ces résultats, traduits en centièmes, donnent :

	I.	II.	III.	IV.
Carbone....	70,9	70,39	71,15	70,81
Hydrogène..	5,6	6,21	6,11	5,98.

et qui conduisent à la formule

$$C^{16}H^{8}O^{4},$$

qui exige :

Carbone...............	70,588
Hydrogène.............	5,882
Oxygène...............	23,530
	100,000

Cette formule est vérifiée par les déterminations d'argent qui suivent :

I. 0^{gr},1305 du sel d'argent préparé avec l'acide toluique, dont on a fait la Ire et la IIe combustion, ont laissé 0^{gr},058 d'argent.

II. 0^{gr},337 de sel d'argent préparé avec l'acide, dont on a fait la IIIe et IVe la combustion, ont laissé 0^{gr},239 d'argent.

III. 0^{gr},121 du même sel ont laissé 0^{gr},054 d'argent.

Ces résultats donnent, en centièmes :

	I.	II.	III.
Argent........	44,444	44,50	44,62.

La formule

$$C^{16}H^{7}AgO^{4}$$

exige 44,444 pour 100 d'argent.

L'acide toluique ainsi obtenu est-il identique ou seulement isomérique avec l'acide qu'on obtient par l'action de l'acide nitrique sur le cymène? Le caractère qui me fait douter de leur identité, c'est la fusibilité au-dessous de 100 degrés de l'acide étudié par moi. Les divers échantillons que j'ai obtenus très-bien cristallisés, et provenant de préparations différentes, fondaient tous au bain-marie; mais je n'ai pas pu m'assurer qu'ils avaient un point de fusion constant : de sorte que le doute me reste qu'une très-petite quantité de quelque matière étrangère, qui n'empêche pas la cristallisation, en abaisse sensiblement le point de fusion, ce qui d'ailleurs serait d'accord avec ce petit excès de carbone que quelques analyses m'ont donné.

Mais je ne doute pas qu'en disposant d'une plus grande quantité de matière je ne puisse épurer l'acide de manière à en étudier les propriétés physiques, comparativement à celles de l'acide, qu'on obtient par l'action de l'acide nitrique sur le cymène.

Je ne manquerai pas de transmettre au jugement de l'Académie les résultats de cette étude.

NOTE SUR L'ÉTHÉRIFICATION;

PAR M. ALVARO REYNOSO.

L'éthérification a été, dans ces derniers temps, l'objet des belles recherches de MM. Williamson, Chancel et

Berthelot, et, malgré ces travaux, plusieurs questions de théorie des éthers ont besoin d'être étudiées. Une des circonstances des plus curieuses de la formation de ces corps, c'est, sans contredit, ces réactions où un corps intervient seulement *par sa présence* sans subir aucune modification.

Ignorant les lois qui président à ces faits, j'ai été, jusqu'à un certain point, obligé de procéder au hasard. J'ai essayé plusieurs substances qu'il me semble inutile d'énumérer, car mes insuccès peuvent tenir plutôt au mauvais choix des circonstances qu'aux corps eux-mêmes. Le seul fait bien constaté que j'aie pu trouver, c'est l'action de l'iodure de mercure. Ce corps produit l'éthérification de l'alcool ordinaire sans subir aucune modification et sans donner autre chose que de l'éther. Voici les détails de l'expérience :

L'iodure de mercure fut préparé par double décomposition, bien lavé et séché. On l'introduisit avec de l'alcool absolu dans un tube de verre vert fermé par un bout, et on scella à la lampe l'autre bout après introduction des corps réagissants. Le tube fermé fut introduit dans un canon de fusil qui fut placé dans un bain d'huile. Si l'on chauffe l'huile jusqu'à 300 degrés, l'iodure de mercure et l'alcool sont décomposés, la masse noircit, et des gaz en grande quantité prennent naissance. Lorsque ceci arrive, il est prudent de jeter le tube au loin sans essayer de l'ouvrir, car il est très-difficile et dangereux de recueillir les produits de la réaction.

Si, au lieu de chauffer l'huile à 300 degrés, on la maintient seulement à 240 degrés pendant quatre à cinq heures, l'éthérification a lieu sans que la masse noircisse. L'iodure de mercure cristallise en partie, et une petite quantité reste dissoute dans l'alcool en excès. La proportion d'éther ainsi obtenue est assez considérable.

J'ai constaté incidemment que l'iodure de mercure qui

se dissout dans l'alcool sous la modification jaune, puisque l'eau, d'après Selmi, le précipite sous cet aspect, passe au bout de quelque temps à la modification rouge dans la dissolution même, d'où il est précipité par l'eau avec cette couleur.

RECHERCHES

Sur la quantité d'iode contenue dans des tabacs de diverses qualités, cultivés à l'île de Cuba, sur la perte en matières volatiles qu'éprouvent ces tabacs dans leur dessiccation, ainsi que sur la quantité de cendres qu'ils fournissent; suivies de quelques observations sur la méthode de M. de Luca pour le dosage de l'iode;

PAR M. CASASECA,

Directeur de l'Institut de recherches chimiques à la Havane.

Une Note a été adressée à l'Académie par M. Chatin, le 7 novembre 1853, sur la présence de l'iode dans les eaux pluviales, les eaux courantes, les plantes des Antilles et des côtes de la Méditerranée. Cet habile chimiste, qui poursuit avec tant d'ardeur et de persévérance la tâche qu'il s'est imposée dans la recherche de l'iode partout où il peut exister dans les trois règnes, annonça avoir trouvé l'iode, en quantité à peu près égale, dans le tabac de la Havane et dans le tabac de France. Lors de la première lecture que je fis de la Note de M. Chatin, j'entrepris la recherche de l'iode dans un bon tabac de *la Vuelta-Abajo*, n° 189 de *la Majagua*, et je parvins à l'y démontrer.

L'assertion de M. Chatin portait à croire néanmoins que la présence et la quantité d'iode n'avaient aucune influence sur la qualité du tabac, puisque, selon lui, le tabac de France, qui certes n'est pas comparable à celui de la Havane, contiendrait la même quantité d'iode; mais il faudrait savoir sur quel tabac de la Havane, ou plutôt de l'île

de Cuba, auraient été faites les expériences de M. Chatin, car à la Havane même on ne recueille pas de tabac, et celui que l'on cultive dans ses environs, à six ou huit lieues de la capitale, est le plus mauvais de tous; les plantations de bon tabac sont assez éloignées, puisqu'elles sont situées dans le département désigné vulgairement sous le nom de Vuelta-Abajo (1). Il y a dans l'île de Cuba d'excellent et de très-mauvais tabac; et si l'on comparait le tabac recueilli en France avec celui de la régie, on se méprendrait certainement beaucoup, parce qu'au dire des fumeurs experts dans cette matière, celui qu'on envoie en France pour le compte du gouvernement français n'est pas, à beaucoup près, le meilleur de l'île de Cuba. Je voulus donc m'assurer de la quantité d'iode contenue dans un excellent tabac et dans un autre considéré ici comme très-mauvais, ainsi que dans le plus mauvais de tous (*tabaco de partido*), cultivé à six lieues de la Havane.

J'eus soin de profiter de l'opportunité que me procuraient ces recherches, pour déterminer la perte par dessiccation de ces tabacs dans une étuve chauffée de 70 à 80 degrés centigrades, ainsi que la quantité de cendres que me fourniraient ces tabacs dans leur incinération, par rapport à leur qualité.

Marche que j'ai suivie dans l'incinération des tabacs et dans la détermination de l'iode.

J'opérai toujours sur 500 grammes de feuilles de tabac à l'état de sécheresse où il est façonné en cigares. J'arrosai

(1) Quand il s'agit de l'île en général, on entend par cette dénomination, prenant pour point de départ les rivières Sierra-Morena et Hanabana, le territoire compris jusqu'au cap San-Antonio; mais quand il est questions des terroirs les plus fertiles pour la culture du tabac, le département connu dans le pays sous le nom de *Vuelta-Abajo*, se trouve limité entre la rivière de San-Diego et le San-Antonio.

ce tabac avec $\frac{1}{4}$ de litre d'eau distillée contenant 3 grammes de carbonate de potasse exempt d'iode. Le tabac ainsi arrosé fut incinéré au rouge sombre dans une marmite en fonte, toute neuve, ne contenant pas d'iode. La cendre grise, dans laquelle on voyait des parties fort blanches conservant la forme des nervures des feuilles, fut traitée à chaud par 1 $\frac{1}{2}$ litre d'eau distillée, ayant soin de soutenir l'ébullition de l'eau pendant dix minutes, puis filtrant ensuite. La dissolution filtrée fut évaporée convenablement à siccité, et le résidu traité à deux reprises par de l'alcool à 90 degrés centésimaux, bouillant, en tout $\frac{1}{2}$ litre. Le liquide alcoolique fut évaporé au bain à vapeur, et le résidu fut traité par 10 centimètres cubes d'eau distillée. Cette dissolution finale devait contenir tout l'iode, car je me suis assuré, à chaque opération, que le résidu abandonné n'en contenait point.

Pour doser l'iode, j'ai suivi la méthode de M. de Luca, basée sur l'emploi du brome et du chloroforme, publiée dans le tome XXXVII, n° 23, des *Comptes rendus*. Cette méthode, d'une sensibilité exquise pour démontrer la présence de l'iode, n'est cependant pas exacte pour doser la quantité de ce métalloïde; mais on parvient aisément à la rendre telle, moyennant quelques modifications que j'exposerai en terminant cette Note.

PERTE PAR LA DESSICCATION.

Tabac supérieur (Vega de la Lena).

	Quantité de tabac mis à l'étuve. (100 grammes.) Poids du tabac desséché dans la dernière pesée.	Perte en matières volatiles.
Première qualité.	75^{gr}	25^{gr}
Deuxième qualité.	76^{gr}	24^{gr}
Troisième qualité.	77^{gr}	23^{gr}

Tabac fort mauvais provenant de la plantation surnommée la Herradura (*fer à cheval*), *dans un terrain que l'on dit dans le pays être* fort salpêtreux *et ne pas contenir de silice* (1).

Quantité de tabac mis à l'étuve. (100 grammes.)	Poids du tabac desséché dans la dernière pesée.	Perte en matières volatiles.
Première qualité.	82gr	18gr
Deuxième qualité.	84gr	16gr
Troisième qualité.	86gr	14gr
		16gr

Tabaco de partido (le plus mauvais de tous les tabacs).

Une seule qualité.......... 84

TABLEAU DE LA QUANTITÉ DE CENDRES FOURNIES PAR CES TABACS.

Tabac supérieur (Vega de la Lena).

Quantité de tabac inciréré. (500 grammes.)	Quantité de cendres brutes obtenues.	Quantité réelle, déduction faite du carbonate de potasse employé à arroser les tabacs.	Sur 100 de tabac. Cendres.
1re qualité..	83gr	80gr	16,0
2e qualité...	85gr	82gr	16,4
3e qualité...	87gr	84gr	16,8
Très-mauvais tabac (Vega de la Herradura).			
1re qualité..	92gr	89gr	17,8
2e qualité...	96gr	93gr	18,6
3e qualité...	100gr	97gr	19,4
Tabaco de partido (le plus mauvais de tous les tabacs).			
Une seule qualité...	95gr	92gr	18,4

QUANTITÉ D'IODE DÉTERMINÉE PAR LA MÉTHODE DE M. DE LUCA.

Tabac supérieur (Vega de la Lena).

Pas même des traces dans aucune de ses qualités.

---

(1) Les planteurs de tabac appellent ici *terrain salpêtreux* tout terrain très-chargé de sel marin. Ils feraient mieux de l'appeler *salin*.

Tabac fort mauvais (Vega de la Herradura).

Quantité d'iode correspondante à $\frac{1}{10}$ de milligramme d'iodure de potassium dans les trois qualités de ce tabac; soit $\frac{1}{13100}$ de gramme = $0^{gr},00007$.

Tabaco de partido (le plus mauvais de tous les tabacs).

Pas même de traces.

Conclusions.

Il résulte de ce travail fait avec le plus grand soin :

1°. Que le tabac contient d'autant plus de principes volatils qu'il est de meilleure qualité; que deux tabacs éprouvant la même perte dans leur dessiccation (comme le très-mauvais tabac de deuxième qualité et le tabac le plus mauvais de tous, *tabaco de partido*), peuvent cependant différer en qualité l'un de l'autre, sans doute par la nature des produits volatils perdus.

2°. Que la quantité de cendres est inverse de la qualité du tabac, car elle est en général d'autant moindre que le tabac est meilleur, et d'autant plus forte que le tabac est plus mauvais. Que deux tabacs qui fournissent la même quantité de cendres, comme le très-mauvais tabac de deuxième qualité et le tabac le plus mauvais de tous (*tabaco de partido*), peuvent cependant différer en qualités; ce qui tient probablement à la nature des cendres aussi bien qu'à la nature des principes volatils (1). J'ajouterai d'ailleurs que les cendres sont d'autant plus blanches que le tabac est de meilleure qualité.

3°. Que tant dans la perte en matières volatiles, que dans la quantité de cendres obtenues, on observe une progression arithmétique décroissante dans le premier cas et croissante dans le second :

(1) Ceci m'obligera à étudier la nature des cendres des divers tabacs.

Premier cas. — *Perte en matières volatiles.*

Tabac supérieur.	25	24	23
Mauvais tabac...	18	16	14

Second cas. — *Cendres.*

Tabac supérieur.	80	82	84
Mauvais tabac...	89	93	97

4°. Que l'iode est accidentel dans le tabac; qu'il n'influe par conséquent pas sur sa qualité, puisque du fort bon et du plus mauvais tabac n'en contiennent pas, et qu'il paraît provenir, quand il s'y trouve, de la grande quantité de sel marin contenue dans le terrain où la plante a été cultivée, dans lequel l'iode semblerait devoir exister à l'état d'iodure de sodium et de potassium associé au chlorure de sodium, quoique, selon l'opinion de M. Chatin, il se trouverait dans la plante à l'état d'iodure de fer.

Observations sur la méthode de dosage de l'iode proposée par M. de Luca.

Cette méthode, quant à la sensibilité des réactifs employés, chloroforme et brome, pour découvrir la présence de l'iode (car je n'ai pas essayé le sulfure de carbone) est bien supérieure au procédé de l'empois d'amidon employé conjointement avec de l'acide azotique. Ainsi, tandis que par cette dernière méthode on ne peut démontrer directement, comme je m'en suis assuré, qu'un $\frac{1}{2}$ *dix-milligramme* d'iodure de potassium dans 10 centimètres cubes d'eau, soit $\frac{1}{200000}$ d'iodure du poids total de la dissolution; au moyen du procédé publié par M. de Luca, on peut découvrir fort aisément $\frac{1}{4}$ *de dix-milligramme*, ou soit $\frac{1}{400000}$; mais j'avoue que je n'ai pu aller au delà.

Cette sensibilité très-grande n'empêcherait pas cependant de commettre de graves erreurs, si l'on suivait pas à pas l'indication de M. de Luca pour le dosage de l'iode. D'abord

ce chimiste, qui, au sujet du dosage de la somme de l'iode et du brome associés au chlore dans un mélange donné, conseille l'emploi de l'eau chlorée et recommande fortement que celle-ci soit récente et conservée dans un flacon bleu bouché à l'émeri, et que son titre soit vérifié avant de s'en servir, ne fait pas la même recommandation pour l'eau bromée; en cela je crois pouvoir assurer qu'il a eu tort, car sans cette précaution les essais faits dans l'intervalle de vingt-quatre heures ne se ressembleront pas du tout, et cela par les mêmes raisons que pour l'eau chlorée. Les résultats, en outre, seraient fautifs, si l'on déduisait la quantité d'iode contenue dans un liquide de celle du brome employé et d'un calcul fort simple fondé sur les équivalents chimiques; non que 1 équivalent de brome ne remplace 1 équivalent d'iode dans le composé primitif, laissant l'iode mis à nu qui colore alors le chloroforme en rose, mais parce qu'il faut une quantité de brome plus forte que celle qui correspond à l'équivalent d'iode pour chasser en totalité celui-ci.

Il faut en un mot tenir compte, à mon avis, de plusieurs causes d'erreur : l'influence des masses; l'action de la lumière, la volatilité du brome. En effet, celle de l'énorme masse d'eau par rapport au brome et à l'iodure, la transformation du brome en acide bromhydrique et la température plus ou moins élevée de l'atmosphère doivent contribuer puissamment au résultat observé. Au surplus, on connaît en chimie beaucoup d'autres réactions pareilles où il faut employer un excès plus ou moins grand du corps décomposant pour produire la décomposition totale d'une combinaison chimique. L'équivalent de l'iode étant 1578,2, celui du brome est 978,3 (Regnault). Ces nombres sont entre eux comme 1 : 0,62. Il faudrait donc pour 1 milligramme d'iodure de potassium, moins d'un *demi-milligramme* de brome; et si l'on se servait pour le dosage

d'une pipette de M. Pelouze graduée par centimètres cubes et dixièmes de centimètre cube, il devrait suffire de 5 traits ou 5 dixièmes de centimètre cube, si chaque centimètre contenait 1 milligramme de brome; mais il n'en est point ainsi, comme on peut s'en assurer. Avec une dissolution de brome récemment préparée et titrée dans la proportion d'un demi-milligramme de brome par centimètre cube, il m'a fallu 1 $\frac{1}{2}$ *centimètre cube*, soit le *triple* de la quantité de brome correspondante à l'iode, d'après les équivalents chimiques, lorsque l'iodure de potassium était contenu dans 10 centimètres cubes d'eau distillée. Les calculs fondés sur les équivalents chimiques, en tenant compte de la quantité de dissolution de brome employée, conduiraient donc forcément à un résultat erroné. Voici quelle est la méthode que j'ai suivie et dont je crois que l'on aura lieu d'être satisfait, puisqu'alors on n'aura plus à s'occuper de l'altération de l'eau bromée.

Quand il s'agit de doser des quantités moindres qu'un milligramme d'iode, ou qui ne dépassent pas de beaucoup ce chiffre dans 10 centimètres cubes d'une dissolution saline, on prépare à l'avance une dissolution titrée à 1 *milligramme d'iodure de potassium par centimètre cube;* on verse dans un tube gradué par centimètres cubes 1 centimètre de cette dissolution et l'on ajoute de l'eau distillée jusqu'à la division 10. On essaye alors ce liquide par *le chloroforme et la dissolution titrée de brome à* 1 *milligramme par centimètre cube* de la manière indiquée par M. de Luca; mais employant à cet effet la pipette graduée dont on se sert dans les essais cuprimétriques par le procédé de M. Pelouze. On tient compte de la quantité d'eau bromée employée, et l'on fait ensuite l'essai de la dissolution dont on veut doser l'iode en versant l'eau bromée goutte à goutte. On s'arrête lorsqu'une goutte de plus n'augmente pas la teinte rose après avoir agité le liquide. On renouvelle la quantité fixe de

chloroforme que l'on emploie chaque fois à l'essai (*un centimètre cube*), et l'on continue jusqu'à épuisement. Lorsque le nouveau chloroforme ne se colore plus, on soustrait par le calcul de la totalité d'eau bromée employée celle employée dans ce dernier essai. On divise alors la quantité effective de brome employée par celle qu'avait exigée le milligramme d'iodure; puis, tenant compte de ce que la quantité d'iode contenue dans 1 milligramme d'iodure de potassium est de 0gr,000763, et multipliant ce nombre par le rapport trouvé ci-dessus, on obtient assez exactement la fraction de milligramme d'iode correspondante, en dixièmes et centièmes de milligramme.

On agit d'une manière analogue quand on a affaire à une quantité d'iode *moindre qu'un demi-milligramme*. Il faut donc avoir deux dissolutions titrées de brome ou deux eaux bromées, l'une à 1 *milligramme de brome*, l'autre à 10 *milligrammes par centimètre cube*, et faire un essai préalable pour savoir si c'est l'une ou l'autre dont on doit faire usage.

MÉMOIRES SUR LA CHIMIE PUBLIÉS A L'ÉTRANGER.

PAR M. ADOLPHE WURTZ.

Méthode pour substituer l'Iode à l'hydrogène dans les composés organiques; par M. J.-F. Brown (1).

On peut se servir du chlorure d'iode Cl I pour introduire l'iode dans les composés organiques. Le chlore s'empare de

---

(1) *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, tome XXI, part. 1.

l'hydrogène et se dégage à l'état d'acide chlorhydrique, et l'iode se substitue à l'hydrogène. Pour préparer le chlorure d'iode, on fait passer un courant de chlore dans de l'iode en poudre fine et en suspension dans une petite quantité d'eau. L'action que le chlorure d'iode exerce sur l'acide pyroméconique peut servir d'exemple pour montrer l'utilité de ce nouvel agent de substitution.

Une solution récemment préparée de chlorure d'iode est mélangée avec une solution saturée et froide d'acide pyroméconique. La liqueur se décolore instantanément et le nouvel acide se dépose sous la forme de paillettes fines très-abondantes. La seule précaution qu'il convienne d'observer pour réussir dans cette préparation consiste à éviter l'emploi d'une solution chaude d'acide pyroméconique et d'un excès de chlorure d'iode.

L'acide iodopyroméconique qui se forme ainsi renferme $C^{10}H^3IO^6$, et prend naissance en vertu de la réaction suivante :

$$C^{10}H^4O^6 + ICl = C^{10}H^3IO^6 + HCl.$$

On le purifie en le lavant à l'eau froide et en le faisant cristalliser dans l'alcool. A l'état de pureté, il constitue des lames incolores et brillantes. A peine soluble dans l'eau froide, il se dissout un peu dans l'eau bouillante et cristallise de cette dissolution en longues aiguilles possédant une légère réaction acide. Les acides et les alcalis augmentent sa solubilité dans l'eau. Il est aisément décomposé par la potasse concentrée et bouillante. L'acide nitrique concentré le décompose également en séparant de l'iode libre. Il donne avec le nitrate d'argent un précipité blanc-jaunâtre, soluble dans l'ammoniaque, et avec le perchlorure de fer il produit une coloration pourpre foncée. Il n'éprouve aucune altération à 100 degrés; mais à une température plus élevée, il fond en un liquide noir et se décompose subitement en dégageant des vapeurs abondantes d'iode.

Pour en faire l'analyse, on l'a brûlé avec du chromate de plomb en ayant soin d'introduire dans le tube à combustion une certaine quantité de plomb métallique destiné à retenir l'iode.

L'acide iodopyroméconique est monobasique. Il forme avec la baryte un sel cristallin peu soluble dans l'eau et dans l'alcool, et qui renferme $BaO, C^{10}H^{2}IO^{5} + HO$.

L'iodopyroméconate de plomb forme un précipité incolore et amorphe dont la composition est représentée par la formule

$$PbO, C^{10}H^{2}IO^{5}.$$

Lorsqu'on fait réagir un excès de chlorure d'iode sur l'acide pyroméconique, la liqueur prend une teinte jaune due à la formation d'un composé particulier qu'on peut désigner sous le nom d'*iodomécone*. Cette substance prend naissance par suite d'une décomposition complète de l'acide pyroméconique. Lorsqu'on ajoute peu à peu de la potasse caustique au liquide, il se forme un précipité noir. On le recueille sur un filtre, et après l'avoir lavé à l'eau froide on le fait cristalliser à plusieurs reprises dans l'alcool. La formation de ce corps est accompagnée d'un dégagement d'acide carbonique.

L'iodomécone ainsi obtenue forme de larges lames hexagonales d'un jaune vif et possédant l'odeur du safran. Elle est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et dans l'éther. L'acide chlorhydrique bouillant ne l'altère pas. L'acide nitrique le décompose partiellement en mettant de l'iode en liberté. La potasse caustique ne lui enlève par l'ébullition qu'une petite quantité d'iode. Elle se sublime sans altération à une température inférieure à celle de l'eau bouillante. La composition de l'iodomécone est représentée par la formule

$$C^{6}H^{4}I^{8}O^{6}.$$

Elle prend naissance en vertu de la réaction suivante :

$$\underbrace{C^{10}H^4O^6}_{\text{Ac. pyroméconiq.}} + 8ClI + 8\,HO = \underbrace{C^8H^4I^8O^6}_{\text{Iodomécone.}} + 4CO^2 + 8HCl.$$

Les acides méconique et coménique ne différant de l'acide pyroméconique que par les éléments de l'acide carbonique, on pouvait supposer que l'iodomécone se formerait aussi par l'action du chlorure d'iode sur les deux premiers acides. L'expérience a montré qu'en effet les choses se passent ainsi.

On sait qu'en faisant réagir le brome sur le citrate de potasse, M. Cahours a obtenu, entre autres substances, du bromoxaforme dont il a exprimé la composition par la formule

$$C^6HBr^5O^4.$$

Il semble qu'il y ait une certaine analogie dans la constitution de l'iodomécone et du bromoxaforme, et dans les circonstances qui donnent naissance à ces corps. On peut représenter, en effet, la formation du bromoxaforme par l'équation suivante, tout à fait comparable à celle que nous avons donnée plus haut :

$$\underbrace{C^{12}H^5K^3O^{14}}_{\text{Citrate de potasse.}} + 2HO + B^{14} = \underbrace{C^6HBr^5O^4}_{\text{Bromoxaforme.}} + 6CO^2$$
$$+ 3KBr + 6HBr.$$

Sur les bases volatiles produites par la distillation de la Cinchonine ; par M. C. Greville Williams (1).

On connaît sous le nom de *quinoléine* ou de *quinoline* une base volatile produite par l'action de la potasse sur certaines bases naturelles, telles que la cinchonine. On admet généralement que la quinoline obtenue par M. Gerhardt dans ces circonstances est identique avec la leucole de

---

(1) *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, tome XXI, part. III.

M. Runge, qui existe avec l'aniline dans le goudron de houille. Cette opinion ne repose cependant pas sur des preuves certaines, et si l'on examine les analyses de quinoline qui ont été publiées, on remarque entre elles de grandes discordances, si bien que M. Gerhardt a exprimé ces résultats analytiques par les deux formules

$$C^{18}H^{7}Az \quad \text{et} \quad C^{20}H^{9}Az.$$

Il a paru utile d'entreprendre quelques recherches sur la quinoline en vue de résoudre ces difficultés et de décider si cette base est une matière bien homogène ou bien un mélange de différents principes.

Une grande quantité de matière première étant nécessaire pour cette recherche, on a soumis à la distillation plus de 3 kilogrammes de cinchonine. L'opération a été faite dans une cornue de fer dans laquelle la matière a été introduite et distillée par portions. Il se forme, comme produit accessoire, une quantité notable de pyrrole, dont on ne peut débarrasser la quinoline brute que par une ébullition prolongée de la liqueur préalablement sursaturée par un acide faible. La potasse sépare la quinoline de cette solution. Pour la déshydrater, on la fait digérer avec des fragments de potasse caustique.

Lorsqu'on soumet la matière ainsi desséchée à la distillation fractionnée, l'ébullition commence à 149 degrés. Mais le liquide ne commence à passer abondamment qu'à une trentaine de degrés au-dessus. Par une série de distillations fractionnées, on a obtenu des portions de liquides dont les points d'ébullition s'élevaient de 154 à 271 degrés. Elles renfermaient au moins sept bases différentes.

Lutidine. — Cette base, découverte par M. Anderson dans l'huile animale de Dippel, est contenue dans la partie la plus volatile du mélange soumis à la distillation fractionnée. Elle est accompagnée d'une petite quantité de

pyridine et de picoline (1). Pour la débarrasser de ces deux bases et pour l'obtenir pure, il a fallu neuf rectifications successives, qui ont donné finalement un liquide bouillant de 160 à 165 degrés. Soumis à l'analyse, ce liquide a fourni des résultats s'accordant parfaitement avec la formule

$$C^{14}H^{9}Az.$$

Cette formule est celle de la lutidine. Elle a été vérifiée par l'analyse du sel de platine. Pour la mettre hors de doute, on a préparé un composé méthylé, en mélangeant la base avec deux fois son volume d'iodure de méthyle. Le mélange s'échauffe immédiatement, entre en ébullition et donne, en se solidifiant, une masse d'iodure de méthyllutidine. Cette substance est extrêmement soluble dans l'eau et dans l'alcool, mais presque insoluble dans l'éther. Lorsqu'on évapore sa solution alcoolique en consistance sirupeuse, elle demeure dans cet état, si on la laisse en repos; mais au moment où on la touche, de longues et belles aiguilles traversent instantanément la masse, qui se solidifie bientôt tout entière.

La méthyl-lutidine $\begin{matrix} C^{14}H^{8}Az \\ C^{2}H^{3} \end{matrix}$ est une base ammoniée. Sa composition a été vérifiée par l'analyse de son sel de platine.

Collidine. — La quantité de collidine contenue dans la quinoline brute est si petite, qu'il a été impossible d'obtenir la base elle-même dans un état de pureté suffisant pour l'analyse. Comme le point d'ébullition de la collidine est situé à 179 degrés d'après M. Anderson, on a recueilli la portion du liquide bouillant entre 177 et 182 degrés, après dix rectifications. Le sel de platine, préparé avec cette substance, a donné à l'analyse des résultats qui s'accordent avec la formule

$$C^{16}H^{11}Az,\ HCl,\ PtCl^{2}.$$

(1) ANDERSON, *Ann. de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XLIV, p 501.

La collidine a été trouvée dans des portions qui passaient à la distillation au-dessus de 182 degrés. Pour la purifier, on peut la faire bouillir avec de l'acide nitrique d'une concentration moyenne; on détruit ainsi une matière étrangère.

Quinoline. — En examinant les portions du liquide qui avaient passé à la distillation à des températures supérieures à 200 degrés, on a reconnu immédiatement que les bases qu'elles renfermaient s'éloignaient de la série à laquelle appartiennent la lutidine et la collidine. La quinoline est la partie constituante principale de toutes les portions bouillant entre 216 et 243 degrés; elle est accompagnée d'une petite quantité d'une base plus élevée dans la série, et que nous allons décrire plus loin sous le nom de *lépidine*. Ces deux bases homologues entre elles, et offrant la plus grande analogie de propriétés, sont extrêmement difficiles à séparer complétement l'une de l'autre. La quinoline a été recherchée dans les portions passant au-dessus de 210 degrés. Après dix rectifications on a obtenu un produit bouillant entre 210 et 215 degrés, et d'un autre côté, après onze rectifications, un produit passant entre 216 et 221 degrés. L'un et l'autre ont été transformés en sels de platine, qui ont donné à l'analyse des résultats conduisant à la formule

$$C^{18}H^{7}Az, HCl, PtCl^{2}.$$

Ces portions renfermaient par conséquent de la quinoline $C^{18}H^{7}Az$.

Lépidine. — En rectifiant un grand nombre de fois les portions les moins volatiles de la base brute, on a trouvé que ce qui passe à la distillation au-dessus de 260 degrés renferme une nouvelle base. Cette base a reçu le nom de *lépidine*. Son véritable point d'ébullition est probablement situé à 260 degrés, peut-être même un peu au-dessus. A cette température élevée, elle se décompose légèrement avec formation d'une petite quantité de pyrrol et de car-

bonate d'ammoniaque. Quoi qu'il en soit, la base pure a donné à l'analyse des résultats qui s'accordent assez bien avec la formule

$$C^{20} H^9 Az.$$

Sa densité de vapeur a été trouvée par l'expérience de 5,14. Ce chiffre s'accorde avec la densité théorique déduite de la formule précédente, et qui est de 4,94.

La composition de la lépidine a été établie par l'analyse de quelques-unes de ses combinaisons salines.

Le nitrate de lépidine forme, à l'état de pureté, des prismes fins et durs, inaltérables à l'air, infusibles à 100 degrés. Ce sel renferme $C^{20} H^9 Az, Az HO^6$.

Le chlorhydrate de lépidine peut être obtenu sans difficulté en petites aiguilles incolores.

Le bichromate de lépidine est un sel magnifique qu'on obtient en ajoutant à la base libre un excès d'une solution un peu étendue d'acide chromique. Il possède d'abord un aspect résineux; mais dès qu'on le touche avec une baguette, il devient grenu et cristallin. Cette poudre cristalline étant dissoute dans l'eau chaude, de magnifiques aiguilles d'un jaune d'or se déposent de cette solution. Le bichromate de lépidine renferme $C^{20} H^9 Az, 2CrO^3, HO$. Brusquement chauffé à 100 degrés, il se décompose en un mélange d'oxyde de chrome et de charbon.

Lorsqu'on chauffe pendant quelque temps à 100 degrés un mélange d'iodure d'amyle et de lépidine, on obtient un sel cristallin peu soluble dans l'eau, et qui constitue l'*iodhydrate d'amyl-lépidine*, $C^{30} H^{20} Az I$.

L'*iodhydrate de méthyl-lépidine* cristallise très-bien. Son étude, ainsi que celle du composé homologue renfermant $C^2 H^2$ de moins, fera l'objet d'un autre Mémoire.

Sur les bases volatiles produites par la distillation sèche des schistes bitumineux du Dorsetshire ; par M. Greville Williams.

Les schistes bitumineux du Dorsetshire, très-riches en débris fossiles d'origine animale, fournissent par la distillation sèche un goudron d'où l'acide sulfurique extrait un certain nombre de bases volatiles. Ces bases peuvent être isolées et purifiées à l'aide des procédés connus. Ce sont des liquides limpides, incolores, très-réfringents, et doués d'une odeur particulière et très-persistante. Elles se dissolvent facilement dans l'alcool et dans l'éther. La manière dont elles se comportent avec l'eau permet de les séparer en deux groupes: celles qui passent à la distillation au-dessous de 160 degrés se dissolvent facilement dans l'eau, tandis que celles qui distillent à une température plus élevée sont beaucoup moins solubles. Toutes précipitent les sels de cuivre; le précipité formé se dissout dans un excès de base. On les a séparées les unes des autres par la distillation fractionnée et par des cristallisations fractionnées des sels de platine. On observe, en effet, que les sels de platine des alcaloïdes les plus élevés dans la série se déposent les premiers lorsqu'on évapore un mélange de ces sels de platine. En employant ces méthodes, on a pu constater dans le mélange dont il s'agit la présence des alcaloïdes récemment étudiés par M. Anderson (1). La pyridine, la picoline, la lutidine, ont été isolées et analysées soit à l'état libre, soit à l'état de sels de platine.

En recueillant les dernières portions du liquide qui passent à la distillation au-dessus de 260 degrés, on obtient une petite quantité d'une base plus élevée dans la série que la collidine de M. Anderson; car elle a donné à l'analyse, en moyenne, 80,70 de charbon et 8,79 d'hydrogène. C'est un alcaloïde nouveau qu'on peut désigner sous le nom de *parvoline*. Elle fait partie de la série remarquable de la

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, tome XLIV, page 501.

pyridine, isomérique avec la série de l'aniline, comme on le voit par les formules suivantes :

Base inconnue...	$C^{10} H^{5}$ Az	Pyridine.......	$C^{10} H^{5}$ Az
Aniline.........	$C^{12} H^{7}$ Az	Picoline.......	$C^{12} H^{7}$ Az
Toluidine.......	$C^{14} H^{9}$ Az	Lutidine.......	$C^{14} H^{9}$ Az
Xylidine........	$C^{16} H^{11}$ Az	Collidine......	$C^{16} H^{11}$ Az
Cumidine.......	$C^{18} H^{13}$ Az	Parvoline......	$C^{18} H^{15}$ Az

Sur les résines de Jalap; par M. W. Mayer (1).

Jalappine. — On peut nommer ainsi la résine purifiée du *Convolvulus orizabensis.* Elle existe dans le commerce sous la forme d'une masse brune, cassante, friable, soluble dans l'alcool et dans l'éther. Pour la purifier, on la dissout dans l'alcool, on ajoute de l'eau jusqu'à ce que la solution se trouble, et on fait bouillir à plusieurs reprises avec du charbon animal. A la solution filtrée on ajoute de l'eau et de l'acétate de plomb, aussi longtemps qu'il se forme un précipité. Ce précipité, brun-verdâtre et emplastique, est peu considérable. On traite la liqueur filtrée par l'hydrogène sulfuré, on la chauffe avec le sulfure de plomb, et on filtre de nouveau. La solution jaunâtre est soumise à la distillation, tant qu'il passe de l'alcool. La résine précipitée est malaxée avec de l'eau chaude, et dissoute dans l'éther pur. Par l'évaporation de la solution éthérée, on obtient une résine presque incolore, inodore et insipide : c'est la jalappine. Elle est incristallisable, transparente en couches minces, complétement anhydre, et cassante même à 100 degrés. A 150 degrés, elle fond en un liquide jaunâtre et transparent. Peu soluble dans l'eau, elle se dissout dans l'alcool, l'éther, l'esprit-de-bois, la benzine et l'essence de térébenthine. Sa solution alcoolique rougit à peine la teinture de tournesol. On peut représenter sa composition par la formule

$$C^{68} H^{56} O^{32}.$$

(1) *Annalen der Chemie und Pharmacie,* nouvelle série, t. XIX, p. 129.

L'acide sulfurique concentré dissout la jalappine et se colore en rouge amarante. Les acides minéraux étendus la dédoublent à chaud en jalappinole et en glucose : c'est donc une glucoside.

Acide jalappique. — Lorsqu'on fait bouillir la jalappine avec de l'eau de baryte, elle se dissout et se transforme en acide jalappique. Cet acide est incristallisable. A l'état sec, il est jaunâtre, translucide, brillant, friable et très-hygroscopique. Il fond à 120 degrés. Très-soluble dans l'eau, il se dissout aussi dans l'alcool et dans l'éther. Sa solution aqueuse est fortement acide. Elle n'est pas précipitée par les sels métalliques neutres; mais le sous-acétate de plomb y produit un précipité.

L'acide jalappique chasse l'acide carbonique des carbonates alcalins. Sa composition est représentée par la formule

$$C^{68} H^{56} O^{32}, 3 HO.$$

Il est tribasique, et chacun des 3 équivalents d'eau qu'il renferme peut être remplacé par 1 équivalent de base fixe.

Jalappinole. — La jalappine et l'acide jalappique sont dédoublés par les acides minéraux, étendus et bouillants, en glucose et en une substance blanche, cristalline, d'apparence grasse et fusible : c'est la jalappinole. Cette substance est dure et cassante; elle fond à 62 ou 62°,5, et se solidifie à 59°,5 en une masse blanche, cristalline. Elle se dissout dans l'alcool et dans l'éther, et peut cristalliser de ces véhicules. Elle renferme $C^{32} H^{31} O^{7}$; mais elle peut perdre 1 équivalent d'eau lorsqu'on la combine avec les bases alcalines, et qu'on la sépare de nouveau de ces combinaisons.

Par l'action de la potasse fondante sur la jalappine ou l'acide jalappique, il se dégage de l'hydrogène, et il se forme, indépendamment de l'acide oxalique, un acide particulier, l'acide *jalappinolique*. Cet acide se forme aussi lorsqu'on fait bouillir la jalappinole en solution alcoolique avec les

alcalis, l'eau de baryte par exemple. Il possède l'apparence d'un acide gras; il fond à 64 ou 65°,5, et se solidifie à 61°,5 ou 62 degrés en une masse blanche et cristalline. Il se dissout dans l'alcool et dans l'éther, et cristallise de ces dissolutions. Il est plus léger que l'eau, et fait sur le papier une tache grasse. Sa composition est exprimée par la formule

$$C^{32} H^{30} O^{6}.$$

Il est monobasique, et forme des sels cristallins avec la potasse, l'ammoniaque et la baryte.

Lorsqu'on fait bouillir avec de l'acide nitrique la jalappine, l'acide jalappique et l'acide jalappinolique, ces produits se transforment en acide oxalique et en acide ipomique. L'acide ipomique, qui renferme $C^{10} H^{9} O^{4}$, a déjà été obtenu par l'action de l'acide nitrique sur la résine du *Convolvulus schiedeanus*. Cette résine, qu'on avait nommée *rhodéorétine* (1), peut être désignée plus convenablement sous le nom de *convolvuline*. La formule

$$C^{62} H^{50} O^{32}$$

s'accorde mieux avec les analyses de ce corps que l'ancienne formule qu'on lui avait attribuée. Par l'action des alcalis, la convolvuline se transforme en *acide convolvulique* $C^{62} H^{50} O^{32}, 3HO$. L'acide chlorhydrique concentré transforme cet acide, à froid, en *convolvulinole* $C^{26} H^{24} O^{6}, HO$, qui perd 1 équivalent d'eau lorsqu'on la combine aux bases et qu'on la sépare de nouveau de ces combinaisons. L'acide convolvulinolique renferme $C^{26} H^{24} O^{6}$.

Sur le Charbon platiné; par M. J. Stenhouse (2).

Lu à la *Chemical Society* de Londres, le 21 mai 1855.

Le charbon de bois, qui peut condenser, comme on sait, neuf fois son volume d'oxygène dans ses pores, possède la

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, tome XXXVI, page 495.

(2) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, tome XCVI (nouvelle série, tome XX), page 36.

propriété d'oxyder la plus grande partie des gaz et des vapeurs combustibles. Néanmoins, la faculté absorbante du charbon est plus considérable que le pouvoir qu'il possède de déterminer des réactions chimiques. A cet égard, le charbon offre un contraste remarquable avec le platine, dont le pouvoir absorbant est peu considérable, mais qui possède au plus haut degré la propriété d'oxyder les gaz et les vapeurs. En alliant le charbon au platine, on obtient un produit doué de toutes les propriétés des deux substances isolées. On peut appeler ce produit charbon platiné. On le prépare de la manière suivante. Du charbon de bois en poudre grossière ou en morceaux est soumis à l'ébullition pendant dix à quinze minutes avec une solution de chlorure de platine, et lorsqu'il en est complétement imprégné, il est calciné au rouge dans un creuset fermé. 150 parties de charbon imprégné ainsi de 9 parties de platine ont donné une préparation tout à fait semblable, quant à l'aspect. Quelques décigrammes de ce produit, mis en contact avec du gaz tonnant sur le mercure, ont déterminé la combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène dans quelques minutes, comme si l'on avait employé une boule formée d'argile et de platine divisé. La combinaison des deux gaz s'est effectuée avec explosion sous l'influence du charbon fortement platiné.

Lorsqu'il ne renferme que 1 pour 100 de platine, il détermine la combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène en deux heures, et en six à huit heures lorsqu'il ne contient que $\frac{1}{4}$ pour 100 de platine. Un morceau froid de charbon platiné exposé à un courant de gaz hydrogène rougit rapidement et enflamme le gaz. Faiblement chauffé, il devient également incandescent dans un courant de gaz de l'éclairage, mais sans l'enflammer.

Dans la vapeur de l'alcool ou de l'esprit-de-bois, le charbon platiné devient incandescent, et demeure dans cet état tant que la vapeur continue à affluer. L'esprit-de-vin est

rapidement transformé en vinaigre. Pour que cet effet soit produit, il suffit que le charbon renferme 2 pour 100 de platine.

Le charbon platiné peut devenir l'objet de différentes applications; une des plus utiles sont les filtres à air et les filtres respiratoires. Il est évident que les vapeurs organiques oxydables, telles que les miasmes, les effluves marécageux doivent être détruits complétement en passant à travers ces filtres.

Peut-être pourra-t-on employer avec avantage le charbon platiné dans le traitement des ulcères de mauvaise nature, et même l'administrer à l'intérieur dans les cas où l'on a conseillé l'usage du charbon ordinaire. Sans doute le charbon platiné pourra être appliqué aussi à la fabrication du charbon des piles de Bunsen.

Sur les Anilides de l'acide malique; par M. A.-E. Arppe (1).

Lorsqu'on fond ensemble un mélange d'acide malique et d'aniline, dans la proportion de 3 équivalents de l'un et de 2 équivalents de l'autre, et qu'on maintient ce mélange pendant quelques heures en ébullition, on obtient après le refroidissement une masse brune, qui contient l'anilide et l'anile de l'acide malique.

Pour séparer ces deux substances l'une de l'autre, il suffit de reprendre cette masse brune par l'eau bouillante qui dissout la malanile et qui laisse la malanilide.

Malanilide. — On purifie cette anilide en dissolvant dans l'alcool absolu le résidu insoluble dans l'eau, et faisant cristalliser la solution après l'avoir décolorée par le charbon animal. Elle forme des paillettes incolores et légèrement brillantes, fusibles à 175 degrés, et se sublimant en partie à une température plus élevée. Elle renferme les

---

(1) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. XCVI (nouvelle série, t. XX), page 106.

éléments du malate d'aniline, moins 2 équivalents d'eau, $C^4 H^3 O^5 + C^{12} H^7 Az - 2HO$. Sa composition est donc représentée par la formule

$$C^{16} H^8 Az O^3$$ (1).

La malanilide est insoluble dans l'eau, et assez peu soluble dans l'alcool et dans l'éther. La potasse bouillante lui fait éprouver une très-curieuse transformation. Une substance poisseuse se sépare à la surface, et lorsqu'on étend la liqueur alcaline avec de l'eau, il s'en précipite une poudre blanche, soluble dans l'alcool. Cette substance se dépose en aiguilles de sa solution alcoolique; elle n'entre en fusion qu'à 225 degrés, et paraît se confondre par sa composition avec la *tartanilide*.

Malanile. — On obtient cette substance en évaporant la solution aqueuse obtenue dans le traitement de la malanilide brute. On la purifie par plusieurs cristallisations dans l'eau, à laquelle on peut ajouter du charbon animal.

La malanile cristallise très-facilement, tantôt en aiguilles fines, tantôt en paillettes nacrées. De sa solution aqueuse étendue, elle se dépose en lamelles rectangulaires et irisées. Elle se dissout aussi dans l'alcool et dans l'éther; elle fond vers 160 degrés. Sa composition est exprimée par la formule

$$C^{20} H^9 Az O^6.$$

Acide malanilique. — Lorsqu'on fait bouillir la malanile avec de l'ammoniaque aqueuse, elle se transforme en malanilate d'ammoniaque grenu et cristallin. Dissous dans l'eau, ce sel est abondamment précipité par la baryte, et le sel de baryte délayé dans l'eau et exactement décomposé par l'acide sulfurique fournit l'acide malanilique lui-même,

---

(1) L'acide malique étant un acide bibasique et renfermant $C^8 H^6 O^{10}$, le malate neutre d'aniline renferme deux équivalents de cette base. Il en résulte que le véritable équivalent de la malanilide doit être représenté par la formule $C^{32} H^{16} Az^2 O^6$. (A. W.)

par le refroidissement de la solution filtrée. Il cristallise en grains blancs et un peu brillants, possède une saveur acide, rougit le tournesol, chasse l'acide carbonique de ses combinaisons, fond à 145 degrés, se dissout dans l'alcool et un peu dans l'éther. Le moindre excès d'acide sulfurique le décompose et le ramène à l'état de malanile.

L'acide malanilique renferme $C^{20} H^{11} Az O^8$. Les combinaisons qu'il forme avec les bases sont généralement solubles dans l'eau. Le malanilate d'argent est insoluble et renferme $Ag O, C^{20} H^{10} Az O^7$.

Sur l'identité de l'Acide nitrohématique et de l'Acide picromique ; par M. E. Pugh (1).

En faisant réagir du protosulfate de fer sur une solution d'acide picrique et au sein d'une liqueur alcaline, M. Wöhler (2) a obtenu, comme on sait, un acide particulier auquel Berzelius a donné le nom d'acide *nitrohématique*.

D'un autre côté, M. A. Girard a décrit récemment un acide qu'il a obtenu par l'action de l'hydrogène sulfuré sur une solution alcaline et ammoniacale d'acide picrique, et qu'il a nommé acide *picromique*. Il résulte des recherches de M. Pugh que ces deux acides sont identiques.

---

(1) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. XCVI (nouvelle série, t. XX), page 83.

(2) *Poggendorff's Annalen*, tome XLII, page 448.

MÉMOIRES SUR LA PHYSIQUE PUBLIÉS A L'ÉTRANGER.

EXTRAITS PAR M. VERDET.

Mémoire sur les Indices de réfraction des milieux transparents de l'œil humain; par M. W. Krause (1).

M. C. Krause a publié, il y a une vingtaine d'années, un Mémoire sur la courbure des surfaces qui limitent les milieux réfringents de l'œil de l'homme et de quelques animaux, où l'on trouve les données les plus exactes que la science possède sur ce sujet (2). Son fils, M. W. Krause, s'est proposé de compléter ce travail et de fournir une base solide aux calculs relatifs à la théorie de la vision, en mesurant les indices de réfraction des divers milieux dont l'œil est composé.

D'assez nombreuses mesures de ces indices ont été tentées à diverses époques; mais les premières qui aient pu inspirer quelque confiance ont été celles de M. Chossat et de M. Brewster. Chossat a déterminé les indices de réfraction des divers milieux de plusieurs yeux d'homme et de plusieurs yeux de bœuf; mais dans l'un et l'autre cas il n'a publié que les moyennes de ces déterminations individuelles. M. Brewster n'a pris de mesures que sur l'œil d'un seul individu, un certain nombre d'heures après la mort. Tous deux ont d'ailleurs employé la même méthode, savoir la méthode donnée par M. Brewster pour mesurer, à l'aide du microscope, les indices des substances liquides ou de consistance pâteuse qu'on ne peut se procurer qu'en petite

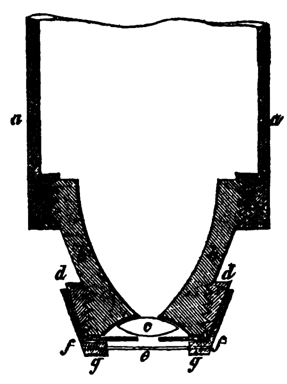
(1) Brochure in-8° publiée à Hanovre chez Hahn (1855).
(2) *Poggendorff's Annalen*, tome XXXI, page 93.

quantité. Récemment M. Engel, de Prague, a publié sur le même sujet un travail étendu, mais qui prête à de nombreuses critiques (1). Le procédé dont il a fait usage pour la mesure des indices n'est autre que le procédé du duc de Chaulnes, qui consiste à mesurer le déplacement apparent de l'image d'un objet, que produit une lame transparente à faces parallèles; mais les dispositions qu'il a adoptées sont extrêmement défectueuses. Il prenait une lame de verre bien polie, et sur l'une de ses faces il construisait avec de la cire une sorte de cadre de 2 à 3 millimètres de hauteur, environnant un petit espace quadrangulaire. Dans l'espèce de godet formé par la lame et la cire, il versait le liquide à essayer, et, au moyen d'un microscope à axe vertical, il visait des traits fins tracés au diamant sur la portion de la lame de verre qui formait le fond du godet. Suivant que les traits étaient ou n'étaient pas recouverts de liquide, il fallait amener le microscope en des positions différentes pour les voir distinctement, et le déplacement de l'instrument dépendait évidemment de l'indice de réfraction du liquide. Malheureusement il était impossible d'établir une relation certaine entre ces deux quantités. Le liquide versé dans un godet qu'il remplissait jusqu'au bord ne devait, par suite de la capillarité, présenter une surface plane à sa partie supérieure que dans des cas tout à fait exceptionnels; les calculs fondés sur l'hypothèse d'une surface plane ne sauraient donc inspirer que très-peu de confiance. Si d'ailleurs on examine la liste des indices publiés par M. Engel, on est également fondé à concevoir des doutes sérieux sur l'exactitude de ses expériences. On les voit varier d'une manière surprenante d'un individu à l'autre : par exemple, dans des yeux d'ailleurs également sains, l'indice de l'humeur aqueuse varierait de 1,3007 à

(1) *Prager Vierteljahrschrift für praktische Heilkunde*, 1850. Nous ne connaissons le travail de M. Engel que par l'analyse qu'en donne M. W. Krause au commencement de son Mémoire. (V.)

1,4052, et l'indice du cristallin de 1,2619 à 1,5471; dans un œil affecté de cataracte commençante, l'indice du cristallin se serait élevé jusqu'à 1,8353 ; enfin l'indice du cristallin serait souvent plus faible que celui de la cornée et *même que celui de l'humeur aqueuse*. Il n'est pas besoin de faire ressortir tout ce que ces résultats ont d'improbable, particulièrement l'existence d'indices inférieurs à celui de l'eau.

M. W. Krause a fait usage de la méthode de M. Brewster et du perfectionnement que MM. Cahours et Edmond Becquerel ont indiqué dans leurs recherches sur les huiles essentielles (1), lequel consiste, comme on sait, à remplacer la mesure des distances focales par la mesure des grossissements. Il a pris un microscope de Kellner à oculaire très-grossissant, dont il a remplacé l'objectif par une lentille biconvexe en crown *c* d'environ 3 centimètres de distance focale, montée entre une virole en cuivre *b* et un diaphragme *d*, comme l'indique la figure. Au-dessous de la



lentille, il a disposé une plaque de crown à faces parallèles *e*, maintenue à l'aide d'une virole conique *f*, qui s'appliquait sur la virole *d*. C'est entre la plaque et la lentille qu'on plaçait la substance à étudier. On n'employait jamais

(1) Journal l'*Institut*, 1840, page 399.

qu'une petite quantité de substance, de façon que, lorsqu'on la comprimait entre la lentille et la lame de verre, elle ne s'étendît pas jusqu'aux points où la lame était fixée dans le rebord g de la virole f: les liquides ne se trouvaient donc jamais en contact avec le mastic. Après chaque expérience, il était facile de démonter l'appareil et de nettoyer la lentille objective, et un repère permettait de la replacer toujours dans la même position par rapport à la lame de verre. Cette précaution n'était pas inutile, l'expérience ayant montré que les deux faces de la lame n'étaient pas rigoureusement parallèles et formaient un angle de près de trois minutes. La mesure du grossissement s'effectuait à l'aide de deux divisions micrométriques tracées sur verre; l'une était placée sur le porte-objet du microscope, et son image était amenée en coïncidence avec la seconde division qui était placée au foyer de l'oculaire. Il est clair que le grossissement ainsi mesuré était le grossissement linéaire de l'objectif, et en appelant G, G′ et G″ les trois grossissements déterminés, lorsque la lentille objective et la lame de verre étaient successivement séparées : 1° par une couche d'air, 2° par une couche d'eau distillée, 3° par une couche de la substance étudiée, on avait, pour calculer l'indice de réfraction, la formule

$$n = 1 + (l - 1)\frac{G - G''}{G - G'},$$

l désignant l'indice de réfraction de l'eau.

L'indice de réfraction qu'on détermine de la sorte est ce qu'on appelle en général l'indice de réfraction moyen; mais il est évident que c'est plutôt l'indice de réfraction des rayons les plus intenses qui entrent dans la composition de la lumière blanche. Ces rayons se trouvent, comme on sait, à peu près au tiers de l'intervalle qui sépare la raie D de la raie E; leur indice de réfraction dans l'eau est 1,3342, d'après Fraunhofer; la formule employée par M. Krause a

donc été

$$n = 1 + 0{,}3342 \frac{G - G''}{G - G'}.$$

Le micromètre placé sur le porte-objet était divisé en dixièmes de ligne, et le micromètre placé dans l'oculaire en trentièmes de ligne. Tous deux avaient été construits par M. Plössl, de Vienne, et soigneusement vérifiés.

Les diverses parties d'un même œil étaient étudiées successivement et toujours dans le même ordre. Le globe de l'œil étant soigneusement extrait de l'orbite et débarrassé de toutes ses parties accessoires, on enlevait à l'aide d'un scalpel l'épithélium antérieur de la cornée transparente, on perçait la cornée elle-même avec une aiguille d'acier, on recueillait l'humeur aqueuse et l'on en déterminait l'indice. Ensuite, à l'aide d'un rasoir, on faisait rapidement une section de la sclérotique perpendiculaire à l'axe optique, de manière à diviser le corps vitré en deux parties à peu près égales, on recueillait une quantité suffisante du corps vitré et l'on en déterminait l'indice. Troisièmement, on extrayait le cristallin que l'on divisait en couches distinctes dont on déterminait successivement les indices. Enfin, on examinait un fragment de la cornée, dont on avait, au préalable, écarté la couche antérieure et la couche postérieure. Cette dernière opération était la plus incertaine de toutes; la pression exercée sur un fragment de cornée, pour le réduire à la forme d'un ménisque, pouvait en altérer la structure et par conséquent l'indice.

M. Krause a examiné les yeux de dix individus d'âge et de sexe différents, savoir, un enfant mort-né, un jeune homme de seize ans, trois hommes et deux femmes dans la maturité de l'âge (38, 35, 34, 43 et 46 ans), deux vieillards et une vieille femme (68, 70 et 71 ans). Les indices de réfraction d'un même milieu oculaire ont peu varié d'un individu à l'autre; les plus grandes différences n'ont pas excédé celles qu'on a observées plusieurs fois entre l'œil

gauche et l'œil droit d'un même individu. Les moyennes de ces diverses valeurs individuelles peuvent donc être prises comme représentant d'une manière assez satisfaisante la constitution normale de l'œil humain. Voici la liste de ces moyennes :

	Indice.
Cornée transparente........	1,3507
Humeur aqueuse..........	1,3420
Corps vitré...............	1,3485
Couche externe du cristallin.	1,4053
Couche moyenne *id*....	1,4294
Noyau intérieur *id*....	1,4541

La différence des indices des trois couches du cristallin se fait remarquer dans toutes les observations individuelles aussi bien que dans la moyenne de ces observations. Ces nombres diffèrent d'ailleurs assez peu de ceux qu'avaient donnés MM. Chossat et Brewster.

Il n'est presque jamais possible d'observer un cadavre humain immédiatement après la mort. Dans les expériences de M. Krause, l'intervalle écoulé entre l'instant du décès et l'instant de l'extraction du globe oculaire a varié de seize à quarante heures, de façon qu'on aurait pu craindre qu'il ne fût survenu quelque altération dans la constitution des milieux oculaires. Pour examiner jusqu'à quel point cette crainte était fondée, M. Krause a examiné les yeux d'un certain nombre de jeunes veaux (âgés de deux à quatre jours seulement), tantôt immédiatement après la mort, tantôt au bout d'un intervalle de vingt-quatre à trente heures. Si l'on prend les moyennes des résultats obtenus dans l'une et dans l'autre circonstance, on trouve qu'elles diffèrent très-peu, ainsi que le montre le tableau suivant. La colonne I se rapporte aux yeux étudiés immédiatement après la mort, la colonne II aux yeux étudiés le lendemain de la mort.

	I.	II.
Cornée transparente........	1,3467	1,3480
Humeur aqueuse...........	1,3421	1,3415
Humeur vitrée............	1,3529	1,3528
Couche externe du cristallin..	1,3983	1,4013
Couche moyenne *id*.....	1,4194	1,4211
Noyau intérieur *id*.....	1,4520	1,4520

Les indices donnés par M. Krause pour l'œil humain sont donc, suivant toute probabilité, à peu près les mêmes que pendant la vie.

Note sur les Couleurs complémentaires; par M. Meyer (1).

M. Meyer a découvert un moyen très-simple de faciliter l'observation des couleurs complémentaires qui se développent par contraste. Si l'on place une bande étroite de papier blanc sur une surface colorée, on voit la bande se teindre de la couleur complémentaire de celle de la surface; mais si l'on remplace la bande étroite par une bande large, le phénomène devient difficile à manifester. Le procédé de M. Meyer consiste à recouvrir la bande blanche et la surface colorée avec une feuille de papier à lettre transparent. La couleur complémentaire se montre immédiatement sur la bande blanche, quelle qu'en soit la largeur. La même disposition est avantageuse pour manifester les couleurs complémentaires développées par la juxtaposition d'une surface blanche et d'une surface colorée d'égale grandeur; ces deux surfaces étant recouvertes d'une feuille de papier à lettre, la couleur complémentaire se montre immédiatement sur la surface blanche, et sans qu'il soit nécessaire pour l'apercevoir de regarder alternativement la surface blanche et la surface colorée.

M. Meyer ne propose aucune explication de son intéressante expérience.

(1) *Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie*, tome XCV, page 170, mai 1855.

JOURS DU MOIS.	9 HEURES DU MAT. Temps vrai.			MIDI. Temps vrai.			3 HEURES DU SOIR. Temps vrai.			6 HEURES DU SOIR. Temps vrai.			9 HEURES DU SOIR. Temps vrai.			MINUIT. Temps vrai.			THERMOM.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Thermom. extér. fixe et corr.	Thermom. tournant.	Barom. à 0°.	Thermom. extér. fixe et corr.	Thermom. tournant.	Barom. à 0°.	Thermom. extér. fixe et corr.	Thermom. tournant.	Barom. à 0°.	Thermom. extér. fixe et corr.	Thermom. tournant.	Barom. à 0°.	Thermom. extér. fixe et corr.	Thermom. tournant.	Barom. à 0°.	Thermom. extér. fixe et corr.	Thermom. tournant.	Maxima.	Minima.		
1	755,74	20,8	»	755,55	23,4	»	755,29	25,3	25,5	754,95	24,1	24,1	755,53	20,2	20,0	755,45	18,2	18,2	»	16,1	Nuag.; qq. éclaircies..	O. faible.
2	755,92	24,5	24,3	755,47	26,5	26,1	754,30	28,0	26,9	753,86	26,7	26,3	754,61	22,2	22,3	755,01	20,3	20,0	29,1	15,3	Très-nuageux.........	S. faible.
3	754,15	22,7	23,4	753,27	27,1	26,4	751,16	27,5	27,2	750,49	23,0	21,3	751,42	19,3	*18,7	752,34	16,1	15,9	28,7	17,9	Couvert............	S. faible.
4	754,73	17,7	17,8	754,42	20,5	20,2	753,83	20,3	*19,8	753,41	19,7	19,7	754,76	16,3	16,4	755,14	15,5	15,6	21,7	13,1	Très-nuag.; sol. p. mom.	O. ass. fort
5	757,66	19,1	20,7	758,31	20,3	20,7	758,71	20,5	20,5	759,20	20,5	20,2	760,53	16,3	15,7	760,96	14,3	13,6	21,4	13,7	Très-nuageux	O.N.O. as. f.
6	760,85	20,6	21,8	759,67	23,3	22,7	758,67	23,3	23,2	757,57	22,3	22,2	756,79	18,3	18,8	756,36	16,3	16,9	23,4	11,9	Nuageux	S.S.E. faib.
7	753,69	22,3	22,9	753,42	23,9	23,7	753,98	23,1	23,5	754,04	21,1	20,8	754,56	16,6	*15,8	754,36	15,5	15,5	24,8	14,9	Très-nuag; qq. éclairc.	S.S.E. faib.
8	752,74	17,6	17,9	752,22	16,5	16,8	751,82	16,7	17,0	752,52	16,8	16,3	753,76	15,5	15,2	753,88	14,2	14,0	18,9	14,2	Très-nuageux......	S.O. as. fort
9	»	»	»	755,39 [1]	19,2	19,2	754,52	19,7	19,4	756,32	17,0	16,7	757,19	13,9	12,8	757,58	11,7	11,5	20,5	14,0	Couvert.	O. faible.
10	759,14	19,3	19,0	759,33	19,1	19,8	759,63	20,7	20,7	759,99	19,5	19,5	761,23	16,7	16,0	761,84	15,0	15,0	21,4	10,5	Très-nuageux.........	O. faible
11	763,07	20,0	20,4	762,61	21,7	21,8	762,42	22,4	22,4	762,44	21,2	21,1	763,40	18,3	18,5	763,55	14,7	14,7	23,0	12,1	Nuageux............	N. E. faibl.
12	763,38	19,5	21,0	762,60	20,2	21,0	761,58	22,5	22,4	761,12	20,3	20,2	761,23	18,3	18,2	760,88	17,5	17,6	22,8	12,4	Couv.; qq. éclaircies..	N.N.O. faib.
13	761,15	15,7	15,8	760,85	18,0	18,3	760,53	20,3	20,4	760,71	19,4	19,1	761,61	15,5	15,4	761,99	13,0	13,0	20,4	15,9	Couvert; nimbus......	N.N.E. as. f.
14	762,40	16,5	17,0	762,33	18,6	18,8	761,49	20,4	20,3	761,46	20,5	20,3	762,23	17,9	17,8	762,61	16,7	16,7	21,3	10,7	Beau; qq. nimbus....	N. ass. faib.
15	763,60	18,4	»	763,39	20,7	20,9	762,75	22,6	»	762,64	22,5	»	763,87	18,4	»	764,45	16,1	15,6	23,1	15,0	Stratus; ciel vapor....	N.N.O. faib.
16	765,05	19,3	19,6	764,18	22,9	»	763,70	23,3	23,4	763,62	22,5	22,5	764,35	19,5	19,2	764,76	17,3	17,0	23,8	13,1	Soleil; nuageux........	O.N.O. faib.
17	764,65	20,0	20,0	764,15	22,4	22,5	763,29	23,5	22,8	762,65	21,9	21,8	762,84	18,5	»	762,49	15,7	»	24,4	14,0	Beau; quelques nuag.	N.N.E. tr.-f
18	760,64	19,2	»	758,97	23,0	22,9	757,30	25,3	24,8	755,97	23,9	23,1	755,46	20,7	20,5	754,36	18,5	18,5	25,5	13,4	Beau.................	E. ass. fort.
19	753,95	25,1 [2]	»	754,06	26,9	26,0	755,11	23,0 [3]	»	755,18	22,8	22,0	755,68	20,1	20,1	755,56	18,3	18,4	26,7	16,5	Couv.; écl.; tonn. et pl.	O.N.O. fort.
20	758,28	20,5	»	758,27	22,9	21,9	757,95	23,4	»	757,77	22,4	21,6	758,15	19,1	18,9	757,61	16,9	16,8	24,6	14,7	Nuageux..............	S.O. as. fort
21	757,99	20,1	19,9	758,02	23,9	»	757,53	25,5	»	757,58	24,5	»	758,62	19,8	19,3	759,51	16,2	16,0	26,1	16,5	Cumulus; éclairc.; sol.	O. fort.
22	760,39	19,9	20,3	759,50	21,6	22,0	758,66	23,7	23,7	757,58	22,9	22,3	757,26	20,1	20,0	757,30	16,0	15,9	24,0	12,2	Beau	S.S.O. faib.
23	754,26	22,3	22,5	752,69	27,2	27,0	750,95	30,5	30,0	750,25	29,7	28,8	750,50	24,6	24,9	751,07	23,7	24,2	30,5	13,0	Beau.................	E. faible.
24	753,80	21,5	20,4	754,25	24,1	24,3	754,04	26,7	25,4	755,14	22,7	22,4	755,94	20,0	*19,9	756,70	18,9	*18,5	27,0	14,1	Ondée; couv.; éclairc.	S.S.O. faib.
25	759,53	19,1	19,4	759,27	21,0	20,7	758,64	23,5	22,4	758,07	22,3	21,6	758,47	19,9	19,1	758,91	17,6	16,9	23,7	16,9	Très-nuageux.........	O.N.O. faib
26	760,92	19,0	18,8	760,63	21,4	21,5	760,21	23,5	22,5	760,02	21,5	21,1	760,86	18,1	16,3	761,10	15,2	14,2	24,0	15,0	Cirrus et cumulus.....	N.O. faible.
27	759,94	21,4	21,5	758,71	23,5	24,1	757,46	24,6	25,2	756,39	23,5	24,0	756,14	19,3	»	755,77	16,1	»	25,3	11,7	Beau sol.; qq. p. cum.	S.O. faible
28	754,79	21,6	20,5	753,93	27,8	26,5	753,87	25,9	25,8	753,87	24,1	»	754,61	21,3	20,7	755,35	18,7	17,9	30,3	14,3	Beau; vaporeux.......	S.S.E. faib
29	757,38	15,9	17,1	758,52	15,6	16,2	759,11	16,3	17,2	759,42	17,7	»	760,67	16,1	15,3	761,36	14,5	14,1	16,9	14,6	Couvert; pluie........	N.N.O. as. f.
30	763,43	15,2	16,2	763,15	18,3	19,1	762,71	20,1	20,6	762,44	20,1	20,6	762,63	17,3	16,1	762,56	15,8	15,0	20,4	12,6	Très-nuageux.........	N.N.O. as. f.
31	761,70	16,9	17,4	761,09	20,3	20,2	760,16	20,6	20,7	759,39	19,5	19,5	760,02	18,0	17,9	760,09	16,5	15,8	21,1	13,2	Couv.; qq. éclaircies..	N. E. faibl.

(1) Cette observation a été faite à midi 45 m. (2) Cette observation a été faite à 9 h. 40 m. (3) Cette observation a été faite à 3 h. 10 m.

Quantité de pluie en millimètres tombée pendant le mois : Cour, 33mm,80; terrasse, 32mm,70.

NOTA. Les astérisques placés dans la colonne du thermomètre tournant indiquent que ce thermomètre, qui n'est, jusqu'à nouvel ordre, qu'un thermomètre d'essai, était mouillé par la pluie.

TABLE DES MATIÈRES.

Tome XLV. (3e Série.)

Pages.

Mémoires sur la Chimie publiés à l'étranger.

Extraits par M. Adolphe Wurtz.

Mémoires sur la Physique publiés à l'étranger.

Extraits par M. VERDET.

PLANCHES.

ERRATA.

Page 160, ligne 23, *au lieu de* $\frac{23}{14}$, *lisez* $\frac{27}{14}$.

Page 162, ligne 33, *au lieu de* la petite plage lévogyre, *lisez* la plage lévogyre.

Page 204, ligne 24, *au lieu de* hémièdre, *lisez* homoèdre.

Page 217, ligne 21, *au lieu de* $h^{\frac{3}{7}}$, *lisez* $h^{\frac{3}{2}}$.

Page 226, ligne 25, *au lieu de* $(b^1 b^{\frac{1}{2}} h^{\frac{1}{5}})$, *lisez* $(b^{\frac{1}{2}} b^1 h^{\frac{1}{5}})$.

Page 230, ligne 10, *au lieu de* $(b^{\frac{1}{19}} b^{\frac{1}{3}} h^1)$, *lisez* $(b^{\frac{5}{19}} b^{\frac{1}{3}} h^1)$.

Page 234, ligne 10, *au lieu de* $e^{\frac{13}{5}} x e^2$, *lisez* $x e^{\frac{13}{5}} e^2$.

Page 241, ligne 8, *au lieu de* $(b^1 b^{\frac{5}{37}} h^{\frac{1}{17}})$, *lisez* $(b^1 b^{\frac{5}{37}} h^{\frac{5}{17}})$.

Page 244, ligne 16, *au lieu de* $(b^{\frac{1}{7}} b^{\frac{1}{54}} h^{\frac{1}{19}})$, *lisez* $b^{\frac{1}{7}} b^{\frac{1}{47}} h^{\frac{1}{19}})$.

Page 245, ligne 22, et *fig.* 70 *bis, Pl. III*, aux signes rhomboédrique et hexagonal de Λ *substituez*

$$\Lambda = (d^{\frac{3}{5}} d^{\frac{3}{7}} b^1 \ldots\ldots\ldots\ldots (b^{\frac{1}{4}} b^1 h^{\frac{2}{9}}).$$

Pages 245 et 246 *supprimez le paragraphe commençant par* quoique le symbole *et finissant par* correspondant hexagonal $(b^{\frac{1}{3}} b^{\frac{1}{11}} h^{\frac{1}{13}})$.

Page 254, ligne 8, première colonne, *au lieu de* $= d^1 d^{\frac{2}{11}} b^{\frac{1}{2}})$, *lisez* $t = (d^1 d^{\frac{2}{11}} b^{\frac{1}{2}})$.

Page 254, ligne 14, troisième colonne, *au lieu de* 155° 35′, *lisez* 156° 35′.

Page 257, troisième colonne, ligne 21, *au lieu de* $\beta\Lambda = 177^\circ 3'$, *lisez* $\beta\Lambda = 176^\circ 42'$.

Page 257, troisième colonne, ligne 22, *au lieu de* $\Lambda e^2 = 140^\circ 35'$, *lisez* $\Lambda e^2 = 140^\circ 56'$.

Page 257, troisième colonne, ligne 23, *au lieu de* $\Lambda = (d^{\frac{10}{17}} d^{\frac{7}{17}} b^1)$, *lisez* $(d^{\frac{3}{5}} d^{\frac{3}{7}} b^1)$.

Page 257, troisième colonne, ligne 24, *supprimez* la zone $p\Lambda e^{\frac{10}{17}}$.

Page 269, ligne 19, *au lieu de* j'arriverai, *lisez* j'arriverais.

Page 269, ligne 22, *au lieu de* compliquées, *lisez* compliqués.

FIN DE LA TABLE DU TOME QUARANTE-CINQUIÈME.

PARIS. — IMPRIMERIE DE MALLET-BACHELIER,
Rue du Jardinet, n° 12.







